



رجب ١٤٣١هـ/ يونيو ٢٠١٠م

مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

السنة (٢٤) العدد (٩٥)

الطاقة الكهربائية

شبكة التوزيع

توليد الطاقة الكهربائية

نظام النقل الكهربائي

ISSN 1017 3056

المراسلات

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص ب ٦٠٨٦ - رمز بريدي ١١٤٤٢ - الرياض
هاتف ٤٨٨٣٥٥٥ - فاكس ٤٨١٣٣١٣

Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia

jscitech@kacst.edu.sa
www.kacst.edu.sa

منهاج النشر

أعزاءنا القراء:

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة:

- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها.
- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوّق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال.
- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال.
- أن لايقل المقال عن ثماني صفحات ولايزيد عن أربع عشرة صفحة مطبوعة.
- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها.
- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها.
- يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية لاتتجاوز ١٠٠٠ ريال .



محتويات العدد

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يعلم معظمنا ما للكهرباء من أهمية كبيرة في حياتنا اليومية، فعندما ننظر من حولنا سنجد أن كل مكان لا يخلو تقريباً من أجهزة أو آلات كهربائية، فنحن نستخدمها لإضاءة شوارعنا ليلاً، ولتدفئتنا شتاءً، ولتلطيف جونا صيفاً.

قراءنا الأعزاء

لقد مرت الطاقة الكهربائية بعدة مراحل بدءاً من اكتشاف الكهرباء الساكنة منذ ٦٠٠ سنة قبل الميلاد، مروراً باختراع أول مولد للكهرباء الساكنة عام ١٦٦٠م من قبل العالم أوتو فون غيريك، ومن ثم جاء العالم الإيطالي أليساندرو فولتا الذي قام باكتشاف البطارية الكهربائية عام ١٨٠٠م، مما مهد الطريق أمام العديد من الاكتشافات و التطورات إلى أن جاءت الكهرباء بهذه الصورة الحالية، حيث أصبحت من أهم الضرورات الحياتية التي يجب توفيرها في جميع المجالات، سواءً كان في المجال الصناعي، أو في المراكز الصحية أو التعليمية، أو المساكن، لاستخدامها في تشغيل العديد من الأجهزة والمعدات.

قراءنا الأعزاء

يسعدنا في هذا العدد أن نقدم لكم ما يثير اهتمامكم ويزيد حصيلتكم العلمية حول هذا المجال المهم، والذي سيغطي - بإذن الله - العديد من الموضوعات مثل: الطاقة الكهربائية، وبرنامج تقنية الطاقة في المملكة العربية السعودية، وإدارة الأحمال، و شبكة التوزيع الكهربائي، وجودة الكهرباء. كما يسعدنا أن نضمن هذا العدد الأبواب الثابتة كما عودناكم في كل عدد من هذه المجلة، آملين أن نكون قد وفقنا في إرضاءكم.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،



الشركة السعودية الموحدة للكهرباء

تأسست الشركة السعودية للكهرباء في اليوم الخامس من شهر أبريل للعام ٢٠٠٠ م، وذلك بعد صدور قرار مجلس الوزراء رقم ١٦٩ وتاريخ ١٤١٩/٨/١١هـ، والذي قضى بدمج جميع الشركات السعودية الموحدة للكهرباء في المناطق الوسطى ، والشرقية، والغربية، والجنوبية، والشركات العشر الصغيرة العاملة في شمال المملكة ، ومشاريع الكهرباء التشغيلية التي تديرها المؤسسة العامة للكهرباء في شركة مساهمة واحدة هي "الشركة السعودية للكهرباء". برأس مال قدره ثلاثة وثلاثون ألف مليون وسبع مائة وثمانية وخمسون مليوناً وست مائة واثنان وثلاثون ألفاً وستمائة وخمسون ريالاً (٣٣,٧٥٨,٦٣٢,٦٥٠) .

يقضي نظام تأسيسها أن تكون مدة الشركة خمسين عاما من تاريخ القرار الوزاري الصادر بإعلان تأسيسها، ويجوز إطالة مدة أو مدد الشركة بقرار تصدره الجمعية العامة غير العادية قبل انتهاء أجلها بسنة واحدة على الأقل.

المهام

تشمل مهام الشركة عند تأسيسها ما يلي :

١- توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية من خلال الشركة ، أو من خلال الشركات المملوكة لها كلياً أو جزئياً.

٢- شراء وبيع وتقديم خدمات الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية من خلال الشركة أومن خلال إحدى الشركات المملوكة لها، كلياً أو جزئياً بمقابل مالي يستوفى من المستفيدين بحسب التنظيم المتبع في المملكة العربية السعودية.

٣-المشاركة والاستثمار في مشاريع قطاع توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية داخل المملكة أو خارجها، بحسب الأنظمة ذات العلاقة.

٤- استيراد وتصدير الطاقة الكهربائية عبر حدود المملكة، حسب الأنظمة ذات العلاقة.

٥- المشاركة والاستثمار في مشاريع تأمين وإمداد الوقود للشركات المملوكة لها كلياً أو جزئياً بحسب الأنظمة المتبعة. ويجوز للشركة شراء الوقود المطلوب لإنتاج الطاقة لها وللشركات التي تملكها امتلاكاً كاملاً أو جزئياً بما يحقق أهدافها .

٦- إعداد وتبني البرامج والسبل اللازمة لتنفيذ الخطط التدريبية وإعادة التأهيل لمنسوبيها .

٧- إجراء وتدعيم البحوث في أي من المجالات التي تؤدي إلى تحسين نوعية الخدمة ورفع كفاءة الأداء والتشغيل وترشيد استهلاك الطاقة والمحافظة على البيئة وخفض التكاليف .

٨- إعداد وطبع وتوزيع الأدلة الإرشادية والنشرات والمعلومات والبيانات وغير ذلك مما يتعلق بأنشطتها أو الخدمات التي تقدمها .

٩- تقديم الخدمات الاستشارية والإرشادية في المجالات التي تخدم أغراضها.

١٠-إنتاج الماء والبخار والاستفادة من إمكاناتها لتقديم خدمات الاتصالات وتقنية المعلومات و الفوترة والتحصيل والأنشطة ذات العلاقة بأغراض الشركة ، من خلالها ومن خلال الشركات المملوكة لها كلياً أو جزئياً.

الأهداف

تتركز الأهداف الإستراتيجية في ما يلي :

١- تحقيق مستوى متقدم من الرضا لدى مختلف العملاء، من خلال تحقيق توقعاتهم ، والتفاعل الإيجابي معهم ، وتقديم قيمة مضافة في المنتجات والخدمات .

٢- تعزيز مستوى تقديم الخدمات الكهربائية لمختلف فئات المشتركين.

٣-إعداد وتبني البرامج والسبل اللازمة لتنفيذ الخطط التدريبية وإعادة تأهيل الموظفين.

٤- الأداء التجاري الموثوق لتكوين الشبكات الكهربائية المترابطة في المملكة لتوفير الخدمات الكهربائية.

٥- المشاركة التجارية في مشاريع توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية داخل و/ أو خارج المملكة.

٦-التفاعل المستمر في خدمة المجتمع والمشاريع الخيرية.

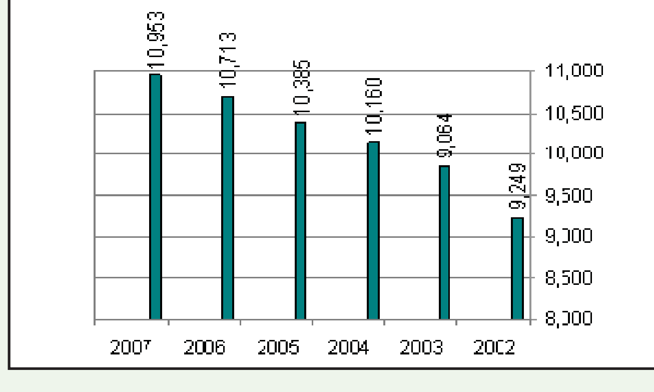
٧- إجراء وتدعيم البحوث لرفع مستوى الأداء في جميع الأنشطة والحفاظ على البيئة.

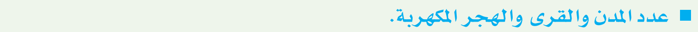
الإنجازات

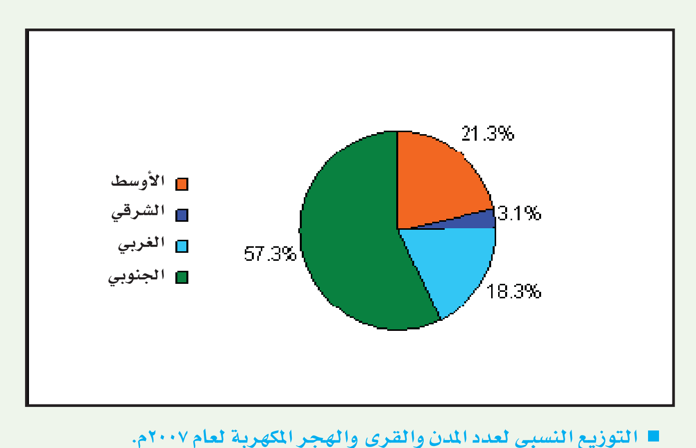
تمثلت إنجازات الشركة فيما يلي:

- **إيصال الخدمة الكهربائية**

تعمل الشركة على إيصال الخدمة لجميع مدن وقرى وهجر المملكة على الرغم من أن تقديم هذه




■ عدد المدن والقرى والهجر المكهربة.



■ التوزيع النسبي لعدد المدن والقرى والهجر المكهربة لعام ٢٠٠٧م.

الخدمة غير ذي جدوى اقتصادية. إلا أن الشركة تقوم بمسؤولياتها كاملة تجاه المجتمع بكافة شرائحه ومستوياته تعبيرا عن الانتماء الحقيقي لهذا المجتمع. وفي هذا الخصوص فقد اعتمدت الشركة ١٨٩٠ مليون ريال لمشاريع كهربة القرى والهجر للفترة من ٢٠٠١ و٢٠٠٧، وبلغ إجمالي المنصرف منها خلال نفس الفترة ١١٨٧ مليون ريال. وتشتمل الخطة في هذا المجال على تغطية كافة القرى والهجر التي لم تصلها الكهرباء حتى وصل عدد المدن والقرى والهجر التي تمت كهربتها بنهاية العام ٢٠٠٧م إلى ١٠٩٥٣ مدينة وقرية وهجرة، مقارنة بالعام ٢٠٠٦م، تم فيه تزويد ١٠٧١٣ مدينة وقرية وهجرة بالكهرباء، وذلك بنمو قدره ٥،٢٪ . حيث بلغت نسبة تغطية القرى والهجر ٩٨،٦٨٪ حتى نهاية عام ٢٠٠٧م مقارنة ب ٨٩،٠٤٪ في عام ٢٠٠٠م. وقد نالت الشركة على ضوء ذلك جائزة المدينة المنورة الخيرية فرع الخدمات العامة مجال الخدمات والمرافق لعام ١٤٢٧هـ تقديراً لجهودها المتميزة في التغطية الكهربائية لقرى وهجر المنطقة والتي بلغت ٩٩٪ من المباني المأهولة بالسكان ووفق قياس معطيات المخطط الإقليمي للمنطقة.

● تنظيم الأنشطة الثقافية والاجتماعية

قامت الشركة بتنظيم عدد من الأنشطة المهمة مثل :

–المشاركة في فعاليات اليوم العالمي للامتناع عن التدخين.

–المشاركة في فعاليات اليوم العالمي للتبرع بالدم.

–المشاركة في فعاليات اليوم العالمي للإيدز.

–المشاركة في فعاليات اليوم العالمي لمكافحة المخدرات.

–المشاركة سنويا في أيام المهنة التي تنظمها الجامعات السعودية ونقدم من خلالها تعريفاً بالشركة وبدورها في تقديم الخدمة الكهربائية. كما نقدم تعريفاً بأنظمة الشركة وبرامج التطوير والحوافز التي نقدمها للموظفين وفرص العمل المتوفرة والبرامج التدريبية ونسعى من خلال ذلك إلى استقطاب الكفاءات الوطنية المؤهلة للعمل في الشركة في كافة التخصصات.

– دعم الكثير من الجمعيات والمؤسسات الخيرية المرخص لها من قبل وزارة الشؤون الاجتماعية مثل : برامج ذوي الاحتياجات الخاصة، وبرامج رعاية الأيتام .

● دعم القضايا المتعلقة بقطاع الكهرباء

تقوم الشركة بدعم القضايا المتعلقة بقطاع الكهرباء ، من خلال رعاية المؤتمرات والندوات والملتقيات المرتبطة بصناعة الكهرباء والأنشطة الأخرى المساندة. ومن ذلك على سبيل المثال لا الحصر :

– تقديم الدعم للقاء العلمي الذي نظمته **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بالتعاون مع مجلس الغرف التجارية الصناعية تحت عنوان: "دور رأس المال الجرئ في استثمار نتائج الأبحاث في المملكة، بجانب تقديمنا لعدد من أوراق العمل، من بينها ورقة عن جهود وأنشطة الشركة في مجال البحث والتطوير.

–المشاركة في رعاية المؤتمر الهندسي السابع الذي نظمته كلية الهندسة بجامعة الملك سعود بالتنسيق مع جمعية المهندسين السعوديين تحت شعار" نحو بيئة هندسية منافسة لاقتصاديات العمولة"

– رعاية معرض مشاريع التخرج بكلية الهندسة بجامعة الملك سعود.

– دعم الحملة الوطنية لترشيد استهلاك الكهرباء.

المشاركة في البرنامج الوطني ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية الذي تديره وتنفذه **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**.

● برنامج توظيف الطلاب في فترة الصيف

تهدف سياسة الموارد البشرية بالشركة إلى تصميم برنامج توظيف الطلاب في فترة الصيف، وذلك للمساهمة الدائمة في تنمية أدائهم وقدراتهم الذاتية ، من خلال تبادل الخبرات والممارسات العملية لمهامهم للاستفادة من معلومات وخبرات مفيدة عن طبيعة الأعمال، والتعود على الانضباط وترغيبا للشباب للانخراط في الأعمال مستقبلا ، إضافة إلى استثمار أوقات فراغ الطلاب في هذه الفترة من كل عام. الجدير بالذكر أن عدد الطلاب المشاركين في هذا البرنامج بلغ ٤٥٠ طالبا على مستوى المملكة.

● برنامج التدريب والتوظيف لأبناء موظفي الشركة

تهدف سياسة الموارد البشرية بالشركة إلى تعزيز الجهود الرامية لخدمة مجتمع الشركة من خلال البرنامج الصيفي للتدريب والتوظيف لأبناء موظفي الشركة، والذي يتيح الفرصة أثناء الإجازات لتلقي برامج تدريب سواء في معاهد الشركة أو مع جهات تدريبية معتمدة،

وذلك في مختلف المجالات كالحاسب الآلي واللغة الانجليزية وبرامج تطوير الذات.

الأبحاث والتطوير

تعمل الشركة على إجراء الأبحاث بهدف تطوير خدماتها من خلال الشراكة مع عدد الجهات، مثل: معاهد البحوث **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن، ومعهد البحوث والاستشارات بجامعة الملك عبدالعزيز، وكذلك معهد الملك عبدالله للبحوث والاستشارات بجامعة الملك سعود. وتشمل مجالات الأبحاث ما يلي:

- **التوليد**

تهدف الأبحاث في هذا المجال إلى السعي لتحسين كفاءة استخدام الوقود، وزيادة أعمار الأصول وقطع غيارها وتعظيم قدرات إنتاجها.

- **النقل**

تهدف الأبحاث والتطوير في مجال نقل الطاقة إلى زيادة أعمار الأصول القائمة وقدراتها، وتحسين أدائها في مختلف المناطق، وترشيد برامج صيانتها. ومن هذه الأبحاث مشروع دراسة (تشخيص حالة نهاية الكابلات في المحولات والقواطع الكهربائية) مع **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، عام ٢٠٠٧ م. كما تم عقد مشروع مع جامعة الملك فهد للبترول والمعادن لعمل معايير جودة الطاقة في شبكة النقل تموله الشركة **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**.

- **التوزيع**

بهدف العمل على تعظيم كفاءة استخدام الأصول وتطوير عمليات إعداد الفواتير والتحصيل وتحقيق الفاقد الكهربائي الأمثل، فقد تم توفير أبحاث لهذه المشروعات، ومن هذه الأبحاث: مشروع دراسة الفقد في شبكة التوزيع مع **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، عام٢٠٠٧م.

- **الأحمال الكهربائية**

يهدف البحث في هذا المجال إلى تطوير برامج إدارة الطلب وتحفيزها لزيادة المعدلات السنوية للانتفاع بالأصول القائمة، ومن هذه الأبحاث مشروع دراسة (توقعات الأحمال في شبكة التوزيع) مع **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، في عام ٢٠٠٧م. وكذلك مشروع دراسة عمل نموذج لأحمال التكييف لتمثيل حالة الجهد الراجع في شبكة النقل مع **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** لعام ٢٠٠٧م.

- **المحافظة على البيئة**

يبرز الاهتمام بالبيئة من خلال برنامج مكافحة التلوث في الهواء والماء والتربة والحد من آثار التلوث البيئي على الإنسان، وذلك بالتعاون مع الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

- **الأمن و السلامة**

تعد المحافظة على السلامة العامة من أهم المسؤوليات المناطة بالشركة، حيث تم التعاون والتنسيق مع الدفاع المدني والجهات الأخرى المعنية بمجال السلامة سواء أكانت على المستوى الإقليمي أم العالمي، وفي هذا المجال تم تنفيذ جميع الأعمال وفقاً لأفضل معايير السلامة والكفاءة التشغيلية، بالإضافة إلى رعاية ودعم الأنشطة والبرامج التي تنظم داخل المملكة وخارجها في مجالات السلامة والوقاية. ومن ذلك إطلاق الشركة لحملة توعوية وإرشادية ضمن برنامج السلامة تحت عنوان "حملة مصباح" استهدفت نحو ٦٠٠ ألف طالب تتراوح أعمارهم بين ٦ أعوام و ١٨ عاماً في جميع المدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية بالمنطقتين الجنوبية والشمالية اللتين سجلتا نسباً ملحوظة من الحوادث نتيجة العبث بالمنشآت والأجهزة الكهربائية، وذلك بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم ممثلة في الإرشاد الطلابي والمديرية العامة للدفاع المدني. حيث ابتكرت لهذه الحملة شخصية كرتونية باسم "مصباح" لتكون قناة التواصل مع الناشئة بهدف تحقيق أعلى نسبة من التجاوب والقبول للبرنامج.

الخطط المستقبلية

تركز الشركة السعودية للكهرباء على تعزيز المرافق الكهربائية، وذلك من خلال خطط مبنية على توقعات النمو السكاني والاقتصادي، ففي إطار الجهود المتواصلة من قبل الشركة لمقابلة الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية. قاربت معدلات النمو السنوية ١٠٪. فقد اعتمدت خطة لتعزيز النظام الكهربائي، من خلال تعزيز قدرات التوليد للسنوات العشر المقبلة وذلك بإضافة ٣٢,٠٠٠ ميجاواط، حيث إن بعض هذه المشاريع تقوم بتنفيذها الشركة وأخري ينفذها القطاع الخاص، ومن هذه المشاريع:

١- توسعة محطة القرية بالمنطقة الشرقية بإضافة قدرها ١٩٠٥ ميجاواط، وستدخل الخدمة في العام ٢٠١٠م.

٢- توسعة محطة الشعيبة بالمنطقة الغربية بإضافة ١٢٠٠ ميجاواط، وستدخل الخدمة في عامي ٢٠١١-٢٠١٢.

٣-إنشاء المحطة العاشرة بقدرة ٢٠٠٠ ميجاواط، وسوف تدخل الخدمة عام ٢٠١٠م.

٤- توسعة عدة محطات في كل من تبوك وجازان والرياض.

١-مشروع الشقيق لإنتاج الماء والكهرباء بقدرة ٨٥٠ ميجاواط بالتعاون مع شركة (IWPP) وسيدخل الخدمة في ٢٠١٠م.

١-مشروع القرية للإنتاج المستقل بقدرة٢٠٠٠ ميجاواط، وستدخل الخدمة في عام ٢٠١٦م.

٢-مشروع رأس الزور للإنتاج المستقل بقدرة ٢٥٢٠ ميجاواط، وستدخل الخدمة في ٢٠٢٠م.

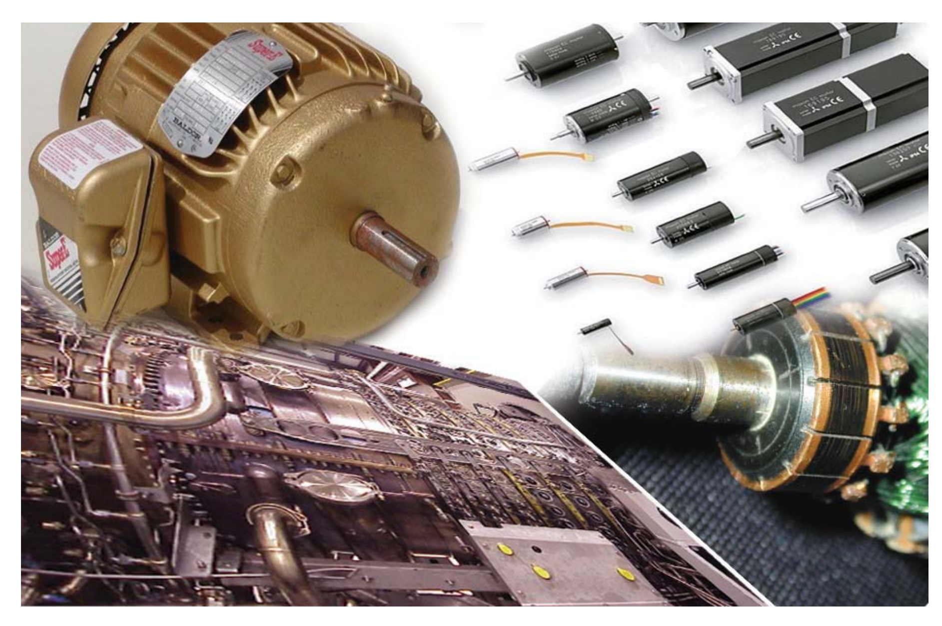
٣-مشروع ضباء للإنتاج المستقل بقدرة ١٠٠٠ ميجاواط وستدخل الخدمة في ٢٠١٦م.

كما تتضمن الخطط برنامجاً شاملاً لإكمال الربط الكهربائي الداخلي بين مناطق المملكة، يتضمن عدداً من المشاريع منها استحداث شبكة جهد ٣٨٠ كيلو فولت في منطقة الشمال الغربي من المملكة، لربط محطات التوليد المقترحة في مدينة ضباء بمنطقة تبوك ومنطقة المدينة المنورة، ومن ثم ربطها بشبكة المنطقة الغربية. وهناك خط الربط الخامس بين المنطقتين الشرقية والوسطى بجهد ٣٨٠ كيلو فولت، والذي سيدخل الخدمة في عام ٢٠١٣م.

المراجع:

1-http://www.se.com.sa
2-http://www.alriyadh.com

المحولات والمولدات والمحركات الكهربائية



د. زيد بن سعد العتيبي

تعد الكهرباء من أهم مقومات الحياة في عصرنا الحاضر، حيث تقوم عليها كل الصناعات بما فيها صناعة النفط وما ينتج عنها من صناعات، والزراعة، والتجارة، والنقل، بل حتى على مستوى احتياجات الفرد التي تعتمد جميعها على هذا المورد الهام للطاقة.

بدأ النظام الكهربائي صغيراً في أواخر السبعينيات من القرن التاسع عشر بإنتاج كميات محدودة من الطاقة وتوزيعها لاستخدامات الإنارة في مساحة دائرة من المستخدمين لايتعدى قطرها كيلو متر ونصف تقريباً. أما في الوقت الحاضر فإن المنتج منها قد وصل إلى كميات هائلة يتم نقلها عبر آلاف الكيلومترات لتستخدم في جميع الأغراض.

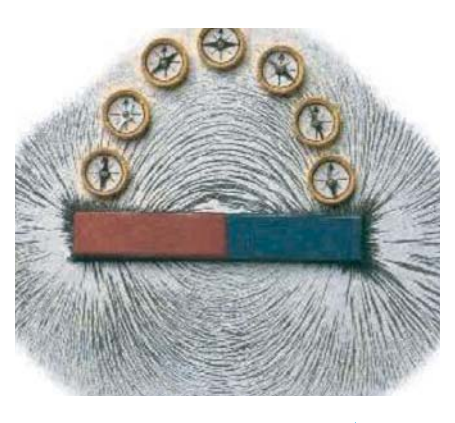
يبدأ النظام الكهربائي الحديث بإنتاج الطاقة من خلال وحدات ضخمة من المولدات الكهربائية التي تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربائية. تنتج هذه الطاقة الحركية من حركة التوربينات (Turbines) المتصلة بالمولدات. وتتم إدارة هذه التوربينات إما عن طريق مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز أو عن طريق المصادر المتجددة كطاقة الرياح وطاقة الأمواج البحرية. وليتم نقل هذه الطاقة الكهربائية المتولدة إلى مسافات بعيدة وبفواقد قليلة يتم رفع جهدها عشرات الأضعاف عن طريق استخدام المحولات الكهربائية التي تستخدم أيضاً لخفض الجهد إلى المعدل المناسب للتوزيع على المستخدمين الذين تقوم معظم أعمالهم على استخدام المحركات الكهربائية في العديد من الأجهزة الكهربائية، مثل: المضخات والثلاجات والمكيفات والغسالات وأعمال المصانع التي تقوم معظمها على استخدام المحركات الكهربائية. لذلك فإن المحولات والمولدات والمحركات تعد من أهم الركائز التي تقوم عليها الأنظمة الكهربائية الحديثة.

الكهرومغناطيسية وأهميتها

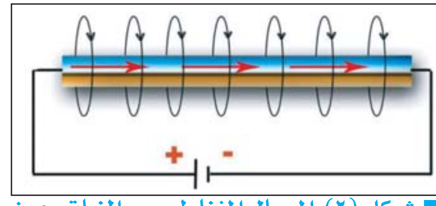
يعد التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي حديث الاكتشاف - رغم أن المغناطيسية عرفت منذ مئات السنين - حيث لم يتم اكتشافه إلا في القرن التاسع عشر الميلادي عندما لاحظ العالم الهولندي **أورستد** أن الإبرة المغناطيسية تنحرف عند تقريبها من سلك يحمل تياراً كهربائياً.

وقد عرف الصينيون منذ أكثر من ٢٥٠٠ سنة أن حجر المغناطيس (أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4) - الذي تصنع منه الإبرة المغناطيسية - يتجه طرفاه إلى الشمال والجنوب عندما يكون حر الحركة بسبب تأثره بالمجال المغناطيسي للأرض؛ مما ساهم في اكتشاف البوصلة البحرية على يد الصينيين في القرن الحادي عشر الميلادي. ويمكن فهم عمل البوصلة إذا تخيلنا أن داخل الأرض مغناطيساً هائلاً طرفه الجنوبي موجود في قطبها الشمالي بينما طرفه الشمالي في قطبها الجنوبي، عندئذ من الطبيعي أن يتجه الطرف الشمالي للبوصلة باتجاه شمال الأرض لتجاذبه مع القطب الجنوبي لمغناطيس الأرض الهائل، ومن المعلوم أن الإبرة المغناطيسية تشير إلى اتجاهات متعددة عند وضعها في أماكن مختلفة قريبة من المغناطيس مما يدل على وجود خطوط للقوى المغناطيسية (الفيض المغناطيسي) . ومما يلاحظ كذلك أنه عند صب كمية من برادة الحديد على ورقة تحتها مغناطيس فإن تلك البرادة ستتشكل تبعاً للفيض المغناطيسي، شكل(١) ، الذي يتجه دائماً من القطب الجنوبي عبر المسار الأقل معاوقة، كما يسلك التيار المسار الأقل مقاومة في الدائرة الكهربائية .

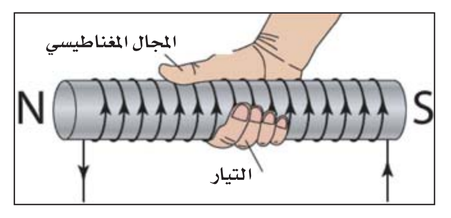
ومن خصائص الفيض المغناطيسي المهمة أنه يسير حتى في المواد غير المغناطيسية كالهواء، وانه يمتلك قوى تجاذب وتنافر. وبالمثل - حسب اكتشاف العالم **أورستد** - يولِّد التيار الكهربائي المار في سلك مجالاً مغناطيسياً يؤدي إلى انحراف الإبرة المغناطيسية تبعاً لقوى التجاذب والتنافر المغناطيسية . وقد عرف هذا المجال فيما بعد بأن



■ شكل (١) خطوط الفيض المغناطيسي.



■ شكل (٢) المجال المغناطيسي الناتج عن سلك يحمل تياراً كهربائياً.



■ شكل (٣) المجال المغناطيسي الناتج عن ملف يحمل تياراً كهربائياً.

اتجاهه مع اتجاه قبض أصابع اليد اليمنى عندما يكون إبهامها مع اتجاه التيار، شكل(٢).

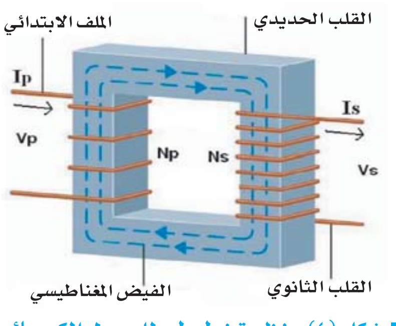
وبنفس الطريقة يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الذي يتولد داخل حلقة أو ملف يحمل تياراً كهربائياً، شكل (٣).

المحـــولات

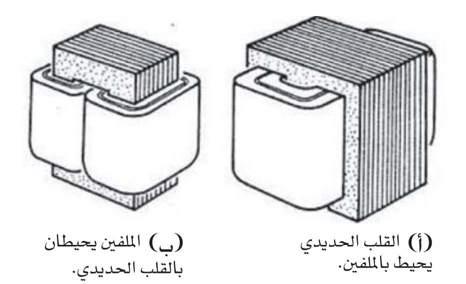
المحول الكهربائي عبارة عن جهاز يعمل على خفض أو رفع الجهد للكهربائي مع حدوث تغير معاكس في مقدار الجهد والتيار في الدائرتين حيث يقوم بنقل الطاقة الكهربائية من دائرة إلى أخرى دون تغيير في التردد، مما يعني خفض الجهد يصاحبه زيادة في التيار والعكس بالعكس.

تستخدم المحولات الخافضة للجهد في شبكة التوزيع، مثلاً لتحويل الطاقة الكهربائية ذات الجهد المتوسط (عشرات الآلاف من الفولت) إلى طاقة ذات جهد قليل مناسب للاستخدام من قبل المستهلكين، بجهد ١١٠ فولت و ٢٢٠ فولت مثلاً، أما المحولات الرافعة للجهد فتستخدم في محطات التوليد ولرفع جهد الطاقة المتولدة عشرات الأضعاف لنقلها عبر خطوط النقل ذات الجهد العالي.

تقوم فكرة المحول الكهربائي على الحث الكهرومغناطيسي بين ملفين مرتبطين بنفس المجال المغناطيسي، ويوضح شكل (٤) منظراً تخطيطياً للمحول الكهربائي يظهر فيه ملفان أحدهما ابتدائي (Primary) والآخر ثانوي (Secondary) ملفوفان حول قلب (Core) مصنوع من مادة مغناطيسية، وعند اتصال أحد الملفين بمصدر للجهد المتردد يتولد مجال كهرومغناطيسي متردد في ذلك الملف، يسرى في القلب المغناطيسي فيؤثر على الملف الآخر، لتتولد بالحث الكهرومغناطيسي قوة دافعة كهربية حسب قانون **فارادى**، فإذا كان الملف الثاني متصلاً بحمل، أدى ذلك إلى سريان تيار كهربائي؛ مما يعني أن القدرة



■ شكل (٤) منظر تخطيطي للمحول الكهربائي.



■ شكل (٥) طرق مختلفة لتصنيع المحولات.

الكهربائية انتقلت من جانب إلى آخر من خلال المحول.

يلاحظ أن قلب المحول يتكون من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها بطبقة رقيقة؛ لتقليل الفواقد في القلب الحديدي. وتوجد وسيلتان أساسيتان لتصنيع المحولات كما هو موضح فى الشكل (٥)، حيث يلاحظ في الشكل (أ) أن القلب الحديدي يحيط بالملفين داخله، بينما يلاحظ في الشكل (ب) أن الملفين يحيطان بالقلب الحديدي من الخارج.

المولدات والمحركات الكهربائية

تقوم المولدات والمحركات الكهربائية على نظرية الحث المتبادل بين المغانط الثابتة أو الكهربائية مع النواقل التي يجري بها التيار الكهربائي كما في المحولات الكهربائية، ولكن الوضع هنا يختلف لوجود جزء متحرك يدور في الآلات التقليدية (Rotary Machines) ويتحرك خطياً في الآلات الخطية (Linear Machines)؛ مما يعني أن الفيض المغناطيسي سينتقل بين الجزئين الثابت والمتحرك مروراً بفجوة هوائية مناسبة لتحرك الجزء المتحرك دون الاصطدام بالجزء الثابت. وحسب قانون **فارادى** فإن وجود ناقل ثابت ضمن حقل مغناطيسي متغير يؤدي إلى تولد قوة محركة كهربائية بين طرفي السلك، فمثلاً يتسبب تحريك مغناطيس بالقرب من سلك معدني في توليد قوة محركة كهربائية، كما تتولد هذه القوة عندما يتحرك ناقل ضمن حقل مغناطيسي ثابت. وعليه فإن المحركات التي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية تعمل بنفس المبدأ الذي تعمل به المولدات الكهربائية التي تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، إلا أنه في هذا التحويل يفقد جزءاً من الطاقة.



■ محول كهربائي ضخم في محطة الشبكة الكهربائية

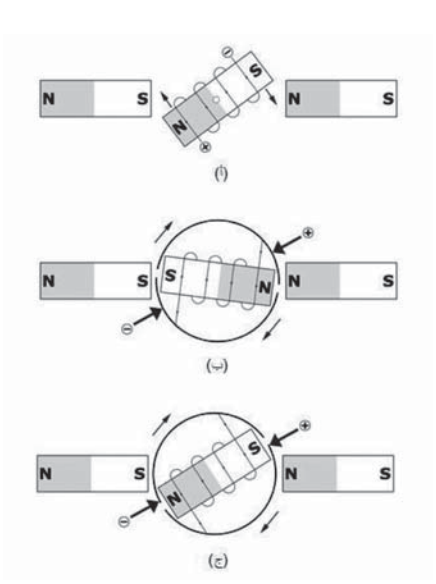
ولأن كل من المولدات والمحركات الكهربائية تعمل بنفس الطريقة، ولها نفس التركيب، ولها نفس الأنواع فإننا سنتحدث عنها كموضوع واحد بعد تسميتها بالآلات الكهربائية.

تنقسم الآلات الكهربائية تبعاً لنوع التيار أو الجهد إلى قسمين أساسيين هما: آلات التيار المستمر وآلات التيار المتردد أو المتناوب تبعاً لنوع التيار أو الجهد الداخل للمحركات والخارج من المولدات.

● آلات التيار المستمر

تعد آلات التيار المستمر آلات ذات تيار متناوب مزودة بجهاز التوحيد أو المبدل (Commutator) الذي يقوم بتحويل التيار المتناوب إلى مستمر والعكس. يتكون المبدل من حلقة مشقوقة إلى نصفين (في الآلات ثنائية القطب) بينهما عازل، ومزودة بفرش كربونية توضع متقابلة على قطر واحد. تقوم هذه الفرش بنقل التيار إلى الحمل في حالة المولد ومن المصدر المستمر في حالة المحرك. ورغم أن هذا الجهاز (المبدل) يزيد من تعقيد تصميم الآلة وكذلك سعر بنائها إلا أنه يزود الآلة بخصائص ممتازة للعزم والتحكم بالسرعة في نطاق واسع يصعب أن يوجد في آلات التيار المتناوب. ولعل ارتفاع سعر هذا النوع من الآلات هو ما يحد من استخدامها في الصناعة بشكل واسع، ولكن خصائصها المذكورة تجعل منها فرس السبق في التطبيقات التي تحتاج إلى عزم ضخم، كما في مصانع الصلب والورق والرافعات الكهربائية الضخمة، وكذلك في التطبيقات التي تحتاج إلى سرعات متغيرة في نطاق واسع أو تحكم دقيق في السرعة.

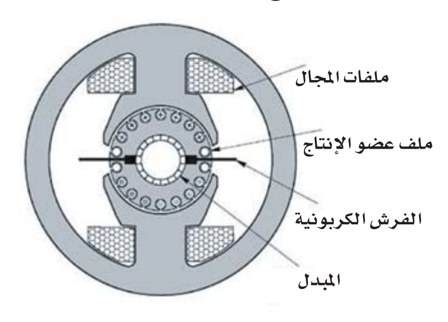
تتركب آلات التيار المستمر - كما هو الحال في الآلات الأخرى - من مجموعتين من الملفات أحدهما في عضو الإنتاج وهو الجزء المتحرك، والآخر في المجال وهو الجزء الساكن من الآلة، بالإضافة للمبدل والفرش الكربونية، شكل(٦). من جانب آخر لا توجد ملفات في آلات المغانط الثابتة ويستعاض عنها بأزواج أقطاب من المغانط الثابتة.



■ شكل (٧) كيفية عمل محرك تيار ثابت.

يوضح شكل (٧ - أ) أن قوى الجذب المغناطيسي في كلا الطرفين تعمل على تحريك عضو الآلة الدوار ليدور باتجاه عقارب الساعة، وقبل أن يتم الالتصاق بين الأقطاب المختلفة يقوم المبدل في العضو الدوار بتغيير قطبي الجهد المطبق على ملفات العضو الدوار كما في شكل (٧ - ب) لتصبح الأقطاب متشابهة، فتنشأ قوى دفع (تنافر) مغناطيسية تقوم بدفع العضو الدوار، وبعد لحظات يتم تغيير الأقطاب مجددا شكل(٧ - ج)، ويستمر المحرك في الدوران. ويلاحظ من الشكل كذلك أن الجزء الثابت يتكون من مغانط ثابته بينما يتكون الجزء المتحرك (العضو الدوار) من مغانط كهربائية، يمكن التحكم في قطبيتها وهذا هو أساس عمل الآلات الكهربائية.

الجدير بالذكر أن العزم الناتج من آلات التيار المستمر يعتمد على كل من تيار المجال وتيار عضو الإنتاج، بينما تعتمد قيمة الجهد



■ شكل (٦) مخطط توضيحي لأجزاء آلة التيار المستمر.

المستحث على كل من تيار المجال وسرعة دوران العضو المتحرك.

تنقسم آلات التيار المستمر حسب طريقة توصيل ملفات المجال إلى أربعة أنواع رئيسية وهي:

■ **الآلات الملفوفة على التوالي:** ويتم فيها استخدام سلك واحد للف ملفات المجال على التوالي مع ملفات عضو الإنتاج.

■ **الآلات الملفوفة على التوازي:** ويتم فيها لف ملفات المجال على التوازي مع ملفات عضو الإنتاج، وجهد المجال في هذا النوع هو نفس جهد طرفي عضو الإنتاج .

■ **آلات اللف المركب :** ويتم لف ملفين أحدهما على المجال وعضو الإنتاج بالتوازي، بينما يلف الآخر بالتوالي ليكون آلات اللف المركب (توالي وتوازي).

■ **الآلات منفصلة الإثارة:** وفيها تتم تغذية ملفات المجال وعضو الإنتاج بشكل منفصل، وتعد آلات المغانط الثابتة أحد أمثلة هذا النوع من الآلات.

الجدير بالذكر - أيضاً - أنه مع تطور صناعة الإلكترونيات وتناقص سعرها، فقد تم الاستغناء عن المبدل الميكانيكي بمبدل إلكتروني يقوم بنفس العمل، كما ظهرت آلات التيار المستمر بدون فرش كربونية (Brushless D.C. Machines) مما يقلل من اللجوء إلى الصيانة ويسهل عملية بناء الآلة.

● آلات التيار المتناوب

تعمل آلات التيار المتناوب على مبدأ الحث المتبادل بين المجال المغناطيسي الناتج من التقاء المجال مع المجال المغناطيسي الناتج من عضو الإنتاج. وتنقسم آلات التيار المتناوب إلى ما يلي:-

■ **آلات التيار المتناوب المتزامنة (Synchronous machines):** وفيها تكون الطاقة المتولدة تياراً متناوباً، ولذلك يكون المجال على الجزء المتحرك بينما يكون عضو الإنتاج في الجزء الساكن، وتوضح الصورة التالية نموذج لأحد آلات التيار المتناوب المتزامنة وبسبب أن هذه الآلات لا تحتاج إلى مبدل لتحويل الطاقة الخارجية إلى تيار مستمر كما في آلات التيار المستمر، ولأن نسبة طاقة التيار المستمر المطلوبة للمجال تساوي فقط من ١ - ٢٪ من الطاقة

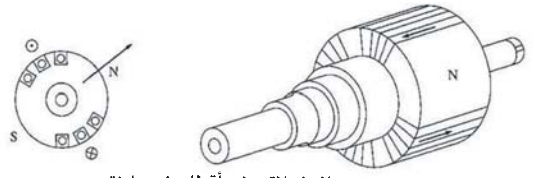


■ نموذج لأحد آلات التيار المتناوب المتزامنة.

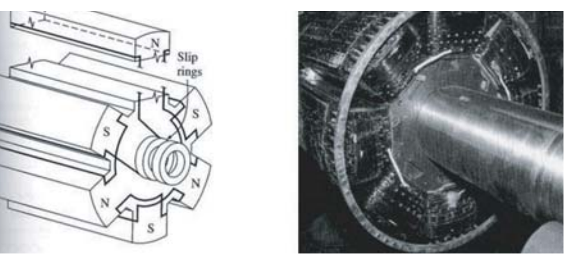
المنتجة من عضو الإنتاج فمن الأفضل وجود المجال على الجزء المتحرك لأنه سيحتاج بالتأكيد إلى فرش أصغر وصيانة أقل من استخدام الجزء المتحرك كعضو إنتاج. تتميز آلات التيار المتناوب المتزامنة بأنها تعمل على سرعة ثابتة ـ تسمى سرعة التزامن ـ يمكن تحديدها بناءً عل تردد التيارات في العضو الساكن وعدد الأقطاب المغناطيسية في العضو المتحرك.

يعتمد نوع الجزء المتحرك وعدد أقطابه على نوع التطبيق من ناحية السرعة، فمثلاً يبنى الجزء المتحرك بأقطاب غير بارزة في حالة التطبيقات التي تحتاج سرعات عالية، تتراوح ما بين ١٨٠٠ إلى ٣٦٠٠ لفة في الدقيقة لعدد أقطاب أربعة أو اثنين باعتبار أن التردد في السعودية هو ٦٠ هيرتز. أما في حالة التطبيقات منخفضة ومتوسطة السرعة فإن الأقطاب تكون بارزة لإعطاء فراغ أوسع للفات المجال مما يقلل من تكاليف التصنيع. يوضح شكل (٨) الأقطاب البارزة وغير البارزة في الآلات المتزامنة.

تتم تغذية ملفات المجال على الجزء المتحرك بتيار مستمر من خلال مبدل بفرش كربونية، وقد يستعاض عنها بمغانط دائمة في بعض التطبيقات خاصة مع الانخفاض الواضح في أسعار تلك المغانط في السنوات الماضية. يتكون العضو الساكن في هذه الآلات من أسطوانة من الحديد المغناطيسي أو الصلب تحتوي على مسارات مفرغة على محيطها الخارجي ليتم وضع لفات عضو الإنتاج فيها. تتركب هذه الأسطوانة من حلقات من الشرائح المعزولة عن بعضها ـ لتقليل الفقد في الآلة ـ كما تحتوي على



الجزء المتحرك بأقطاب غير بارزة



الجزء المتحرك بأقطاب بارزة

■ شكل (٨) الأقطاب البارزة وغير البارزة في الآلات المتزامنة.

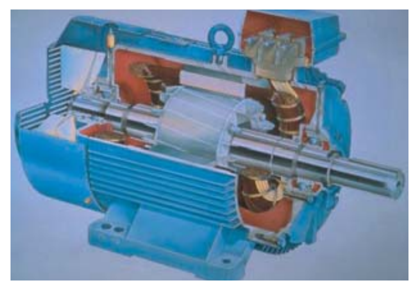
فتحات مخصصة للتهوية والتبريد.

يمكن أن تعمل الآلات المتزامنة كمولدات أو كمحركات، حيث يتم استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية الضخمة، ولكن يندر استخدامها في بعض التطبيقات التي تحتاج إلى سرعة ثابتة. كما تعد المحركات المتزامنة أقل أنواع المحركات استخداماً وذلك لافتقارها للعزم في بداية الدوران؛ مما يعني الاحتياج لوسائل أخرى لإدارة تلك المحركات حتى تصل إلى سرعة التزامن.

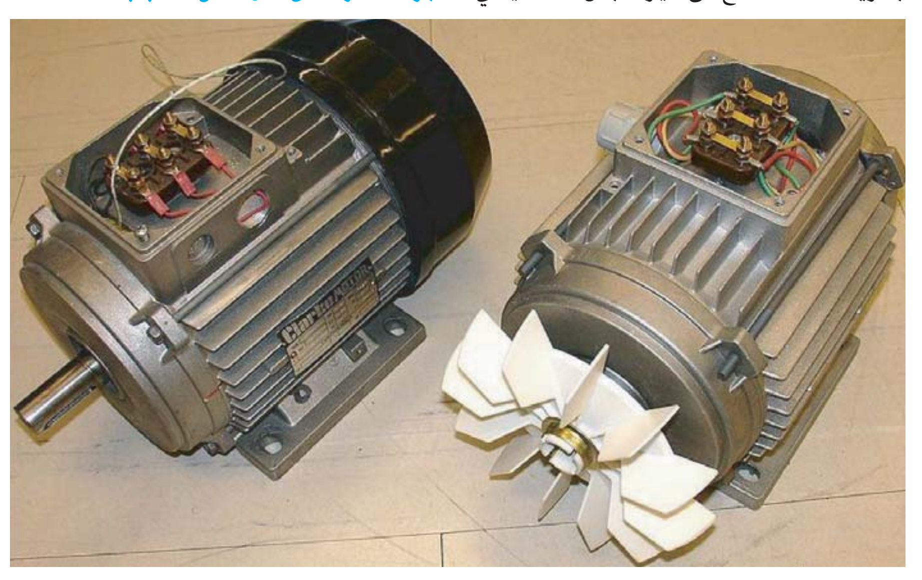
■ **آلات التيار المتناوب الحثية (Induction Machines):** و تمتاز عن الآلات الأخرى بعدم وجود تغذية لملفات الجزء المتحرك، حيث يتم قصر ملفاته ويتولد فيها الجهد والتيار بطريقة الحث الناتج من تغير المجال المغناطيسي على طول محيط الجزء الثابت، ولهذا تسمى بالآلات الحثية.

يعد تركيب الآلات الحثية بسيطاً وذو تكاليف صيانة منخفضة؛ نتيجة لعدم وجود تغذية للجزء المتحرك، بالإضافة إلى كفاءتها العالية نسبياً وسهولة تشغيلها؛ مما يجعلها الأكثر استخداماً بشكل واسع في معظم التطبيقات الصناعية.

يتم تصنيع الجزء المتحرك في الآلات الحثية بطريقتين: إما على شكل قفص السنجاب كما في الصورة أدناه وذلك بوضع مجموعة من موصلات الألمنيوم أو النحاس بشكل متوازي مقصورة من الجانبين بحلقتين من نفس المادة، وبهذه الطريقة يصنع حوالي ٩٠٪ من المحركات الحثية. أما آلات الطريقة الثانية فتصنع على شكل لفائف معزولة تلف على طريقة اللف



■ مقطع داخلي يوضح مكونات محرك حثي ملفات جزئه المتحرك على شكل قفص السنجاب.



■ نموذجان للمحركات الحثية.

في الجزء الثابت، ويتم قصرها خارج الجزء المتحرك من خلال بعض المقاومات التي تأخذ تياراتها عن طريق استخدام فرش كربونية.

يجب أن يكون هناك فرق بين حركة الجزء المتحرك وحركة المجال المغناطيسي في الجزء الثابت – الذي يدور بنفس السرعة التزامنية – لكي يتولد جهد مستحث على أطراف الموصلات في الجزء المتحرك، ولذلك لا يمكن للمحرك الحثي أن يدور عند السرعة التزامنية، ولكنه يدور بسرعة أقل ليتولد مجال مغناطيسي في الجزء المتحرك. كما أن إدارة مولد حثي عند السرعة التزامنية سيولد تياراً بتردد أعلى من تردد التزامن ويسمى هذا الفرق بين سرعة التزامن وسرعة الجزء المتحرك بالانزلاق، ويمكن حساب معامله بالمعادلة التالية:

$$\text{معامل الإنزلاق} = \frac{\text{سرعة التزامن - سرعة الجزء المتحرك}}{\text{سرعة التزامن}}$$

ويلاحظ من المعادلة أن معامل الانزلاق يكون صغيراً في حالة عدم وجود حمل على المحرك، أي أنه يتحرك قريباً من السرعة التزامنية في هذه الحالة،ومع زيادة الحمل تقل سرعة الجزء المتحرك وبالتالي يكبر معامل الانزلاق.

● الآلات الخطية

يوجد لكل نوع من الآلات التقليدية الدورانية مكافئ من الآلات الخطية (Linear Machines) ، فمثلاً هناك آلات التيار المستمر الخطية والآلات التزامنية الخطية والآلات الحثية الخطية. وتستخدم الآلات الخطية في التطبيقات التي تتطلب حركة خطية كالقطارات الحديثة ذات السرعة الفائقة والمصاعد الكهربائية وخطوط الإنتاج المتحركة في المصانع والضواغط الكهربائية في أنظمة التبريد والتكييف. تستخدم هذه التطبيقات – في السابق – آلات دورانية يلحق بها جهاز ميكانيكي لتغيير الحركة إلى خطية. ويؤدي هذا الجهاز الميكانيكي إلى فقد جزء من الطاقة على شكل احتكاك ولهذا ظهرت الآلات الخطية كخيار أفضل في مثل هذه التطبيقات.

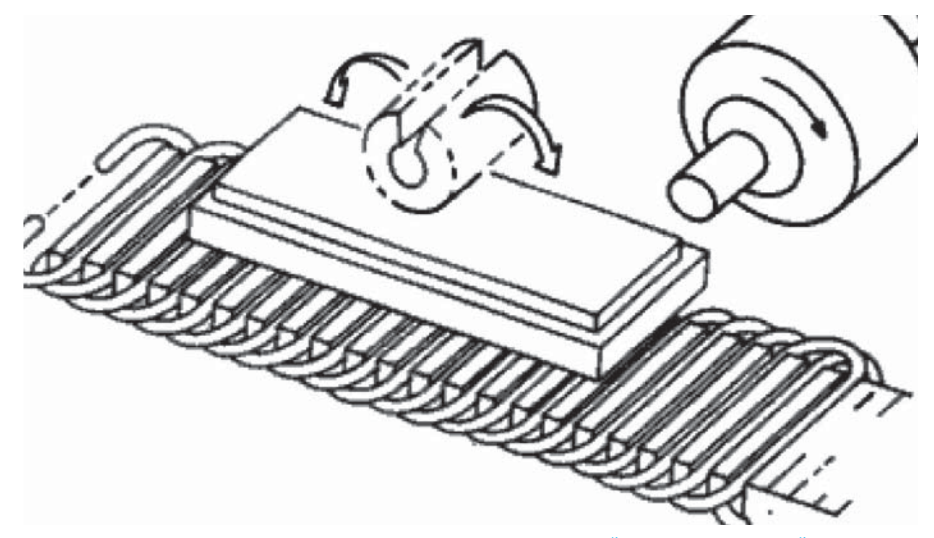
تعمل الآلات الخطية بنفس الطريقة التي تعمل بها الآلات التقليدية مع اختلاف بعض المسميات، فمثلاً يتم التعامل مع عضو متحرك (mover) وسرعة خطية وقوى في الآلات الخطية بدلاً من عضو دوار (rotor) وسرعة زاوية وعزوم في الآلات التقليدية، شكل (٩).

الاتجاهات البحثية المستقبلية

أدى إكتشاف أنواع متطورة من المركبات المغناطيسية (Soft Magnetic Composites SMC) والتي تتمتع بخصائص مغناطيسية ثلاثية الأبعاد إلى إمكانية تصنيع الجزء الثابت في المحولات والآلات الكهربائية الأخرى بطريقة أسهل. ويتم تصنيع الآلات الكهربائية من شرائح رقيقة جداً (0.35mm – 0.5mm) مصنوعة من الحديد المغناطيسي وذلك لتقليل الفواقد من الطاقة الكهربائية، وتعد هذه الطريقة متعبة جداً وتستهلك وقتاً طويلاً في التركيب لصعوبة التعامل مع تلك الشرائح الرقيقة، ولكن باستخدام مركبات SMC أمكن تصنيع الآلات مباشرة دون الحاجة إلى الشرائح. وبسبب خصائصها المغناطيسية ثلاثية الأبعاد أصبح بالإمكان تصنيع العديد من التصاميم المبتكرة لأجزاء الآلات المختلفة والذي كان من غير الممكن تصنيعها سابقاً بسبب طبيعة الشرائح التي تتيح للمصمم العمل على بعدين فقط. ولهذا فإن تصنيع الأنواع المختلفة من الآلات باستخدام هذه المادة ودراسة فروق الكفاءة والسعر بينها وبين الطريقة التقليدية في التصنيع (الشرائح) يعد أحد الاتجاهات البحثية في الفترة الراهنة.

ومن الجدير بالذكر أن التعرف على الحالة الآنية (اللحظية) للمحولات الكهربائية يعطي تصوراً واضحاً لما قد يحدث لها من أعطال مستقبلية، وبالتالي يمكن تجهيز خطط مناسبة لتلافي أو إصلاح هذه الأعطال بأقل الخسائر الممكنة. لذلك فإن أحد الاتجاهات البحثية المهمة في مجال المحولات يهتم بإيجاد وسائل مبتكرة قليلة التكلفة وبسيطة التركيب لتشخيص الحالة الآنية للمحولات الكهربائية.

من جانب آخر تشير الإحصاءات إلى أن تشغيل المحركات في بريطانيا يستهلك أكثر من نصف الطاقة الكهربائية، والتي تنتج كلها تقريباً باستخدام المولدات الكهربائية الضخمة. من ذلك تتضح الأهمية البالغة للآلات الكهربائية بما فيها المحولات؛ مما يتطلب ضرورة تصنيعها بأعلى كفاءة ممكنة.

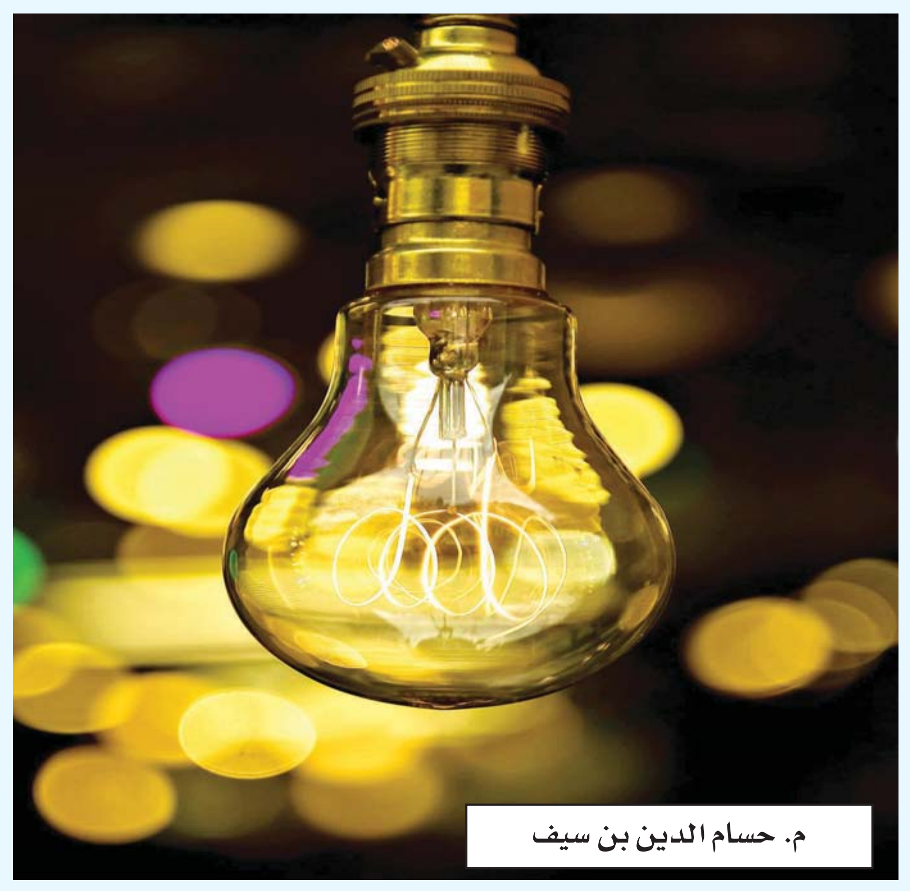


■ شكل (٩) الآلات الخطية من الآلات الدورانية.

المراجع

- **مروان أحمد الفهاد**، «الفيزياء النظرية الأساسية»، مكتبة العبيكان، الرياض، ١٤٢٠هـ .
- **رأفت كامل واصف**، «أساسيات الفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة»، دار النشر للجامعات المصرية، القاهرة، ١٤١٤هـ.
- **وحيد مصطفى أحمد**، «آلات التيار المستمر»، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٣م.
- **وحيد مصطفى أحمد**، «آلات التيار المتردد»، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٣م.
- **Z. A. Yamayee, J. L. Bala, Jr.** "Electromechanical Energy Devices and Power Systems", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.
- **Z. S. Al-Otaibi** " Single Phase Permanent Magnet Linear-Resonant Motors for Compressor Applications" PhD Thesis, Newcastle University, 2009.
- **B. C. Mecrow, A. G. Jack,** "Efficiency Trends in Electric Machines and Drives", Energy Policy (36), 2008, pp. 4336 – 4341.

الطاقة الكهربائية



م. حسام الدين بن سيف

الطاقة الكهربائية هي القوة الحقيقية الداعمة للاقتصاد، والصناعة، والخدمات العامة، والمعلوماتية، وحتى خدمات النقل في مجمل دول العالم، وهي المفتاح والعنصر المؤثر للأمن الوطني والقومي لمختلف الدول، وعليه فليس من المفاجئ أن تنفق المملكة العربية السعودية ـ مثلاً ـ ما يقارب العشرين مليار ريال سنوياً على هذا القطاع، وليس من المفاجئ أيضاً أن تكون شبكة المملكة للطاقة الكهربائية قد غطت عند نهاية عام ٢٠٠٩ م أحد عشر ألف قرية و مدينة سعودية.

بدأت قصة الكهرباء منذ ما يقارب الألفين وستمائة عام، عندما قام العالم الإغريقي **طالس** بالتمعن في ظاهرة جذب قضيب الكهرمان لريش الطيور بعد دلكه، حيث لاحظ أنها بدأت تكتسب خصائص المغناطيس، في ظاهرة أطلق عليها بالإنجليزية (Electricity)، والتي استنبطت من الكلمة اللاتينية القديمة (Elektron) وتعني الكهرمان. أما في اللغة العربية فقد اصطلح على تسمية تلك الظاهرة بالكهرباء. نسبة إلى الكهرمان مباشرة.

تعد ظاهرة الكهرباء الساكنة النواة الأولى لتطور الكهرباء، حيث كانت أبحاث العلماء في الخمسمائة عام الماضية تتمحور وتتوجه في مجملها نحو هذه الظاهرة. ومن المعلوم أن الكهرباء لا يمكن رؤيتها بالعين، ولكن يمكن قياسها وتوليدها ونقلها ومن ثم استهلاكها، وغيرها من الأمور المتعلقة بها، وهو ما سيتناوله هذا المقال.

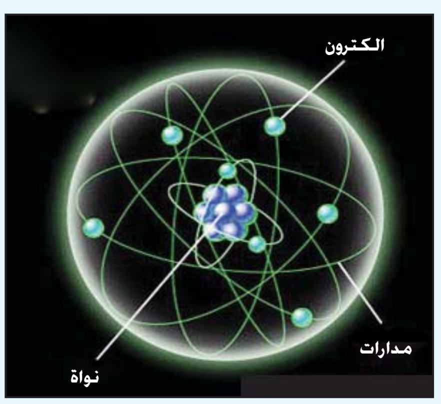
القوة الكهرومغناطيسية

تنقسم القوى الطبيعية التي أوجدها الخالق في هذا الكون والتي توصل لها علم الإنسان حتى الآن، إلى أربع قوى هي : القوة النووية، قوة الروابط الضعيفة، القوة الكهرومغناطيسية، وقوة الجذب.

تعد القوة الكهرومغناطيسية هي أساس ظاهرة الكهرباء، ولفهمها قد يكون من المجدي مقارنتها بقوة الجذب «قوة نيوتن» لتبسيط الفهم. تنص قوة الجذب على أن هناك قوة جذب بين أي جسمين لهما كتلة ، تماماً كما يحدث بين القوة الجاذبة للشمس والأرض، أو بين الأرض والقمر، أو حتى بين جسم الإنسان وكوكب الأرض. وبالمقارنة فإن القوة الكهرومغناطيسية تنص على أن هناك قوة (تجاذب أو تنافر) بين أي جسيمين لهما شحنة، وفي وجه آخر للمقارنة فإن مقدار القوة الكهرومغناطيسية (تماماً مثل قوة الجذب) تتناسب عكسياً مع المسافة بين الجسيمين.

تعد الشحنة الكهربائية خاصية أساسية من خواص المواد، حيث إن كل مادة تتكون من ذرّات و لكل ذرة شحنات، وبالتالي فإنه عند وجود شحنات يمكن الجزم ـ بنسبة كبيرة ـ أن هناك خاصية الكهرباء الساكنة. تمتلك كل ذرة من ذرّات المواد شحنات دائمة الدوران في مدارات حول النواة، شكل (١)، وعندما ينتقل إلكترون من مدار ذري إلى مدار ذري آخر، فإنه يحدث تدفقاً كهربائياً أو ما يسمى بالتيار الكهربائي، وتكون للشحنة حالتان اثنتان لا ثالث لهما، إمّا أن تكون موجبة « مثل البروتون»، و إمّا أن تكون سالبة « مثل الإلكترون».

يقوم علم الكهرباء على نظرية استخلصها العالم الفرنسي **كولوم**. سميت وحدة الشحنة الكهربائية باسمه تقديراً لجهوده، وبحسب هذه النظرية فإن الشحنات المتشابهة تتنافر، بينما تتجاذب الشحنات المتضادة، تتناسب حيث قوة الجذب بين الشحنتين عكسياً مع المسافة بينهما (عادة تكون المسافة صغيرة جداً)، وفي حالة وجود فرق بين عدد الشحنات السالبة والشحنات الموجبة ينشأ فرق جهد كهربائي له وحدة أساسية هي «الفولت»، وهو تعبير عن مدى قوة الجذب من شحنات مادة ما إلى أخرى. وعندما تبدأ تلك



شكل (١) .مكونات الذرة.

الشحنات السالبة بالتدفق إلى الشحنات الموجبة نتيجة قوة الجهد الكهربائي الناشئة بينهما، ينشأ التيار الكهربائي، له وحدة أساسية هي «الأمبير».

يعد فرق الجهد الكهربائي «الفولت»، والتيار الكهربائي «الأمبير» من أهم القياسات لأي دارة كهربائية، وهما يعكسان المظهر الحقيقي لظاهرة الكهرباء، حيث إنه لا يمكن رؤية الكهرباء، وبالتالي فإن قياسها يفي بالغرض.

التيار الكهربائي

تتمثل أنواع التيار الكهربائي في نوعين رئيسين، هما: التيار الثابت (Direct Current -DC) والتيار المتناوب (Alternate Current-AC)، ويختلف هذان النوعان بعضهما عن بعض في أن اتجاه التيار الثابت - سواء كان من الشحنات السالبة إلى الموجبة أو العكس - لا يتغير مع أن كميته قد تزيد وقد تنخفض، أما التيار المتناوب فإن اتجاهه يتغير باستمرار، وقد يصل إلى عدة تغييرات في الثانية، ويسمى مقدار التغير والتناوب في التيار الكهربائي في الثانية الواحدة بالتردد والوحدة الأساسية له هي "الهيرتز"، ويعد التردد أحد المقاييس المهمة التي تعنى بها أي شبكة كهربائية في العالم. شكل (٢). يستخدم التيار المتناوب في العديد من المنشآت، مثل: المنازل، والمصانع، وغيرها؛ بسبب مزاياه العديدة مقارنة بالتيار الثابت، ومن أهمها أنه يمكن من خلاله التحكم في قيمة الجهد الكهربائي إمّا بزياداتها في أجزاء من الشبكة وخفضها في أجزاء أخرى، عن طريق أجهزة تسمى المحولات؛ مما يعني تخفيض الكلفة الاقتصادية بما يزيد عن ٩٠٪، وهناك ميزة أخرى للتيار المتناوب، وهي سهولة تصميم و صناعة المحركات التي تعمل على التيار المتناوب عن تلك التي تعمل بالتيار الثابت. وفي المقابل تكمن أهمية التيار الثابت في أنه يمكن تخزينه واستهلاكه في الأجهزة المحمولة المستخدمة في الحياة اليومية.

الكهرباء و المواد

يمكن للتيار الكهربائي أن يتدفق بسهولة في بعض المواد، ولكنه قد يواجه مقاومة شديدة في مواد أخرى، بينما قد ينعدم التدفق تماماً في بعض المواد، و يمكن تصنيف المواد تبعاً لذلك إلى ما يلي:

● **الموصلات**

تعد الفلزات مواد ذات مقاومة ضعيفة للتيار الكهربائي، أي إنها موصلات جيدة، حيث إن قدرتها التوصيلية تعتمد على عدد الشحنات - الإلكترونات - التي تكون حرة الحركة حول النواة أو التي ترتبط بالنواة ارتباطاً ضعيفاً نوعاً ما، فمثلاً عند درجة الحرارة العادية - درجة حرارة الغرفة - يعد معدن الفضة أفضل الموصلات الموجودة على الإطلاق، يليه النحاس، ثم الذهب، والألمنيوم. شكل (٣- أ ، ب). تكون خاصية التوصيل عالية جداً عند درجات الحرارة المنخفضة، بينما تقل كفاءة التوصيل عند درجات الحرارة العالية.

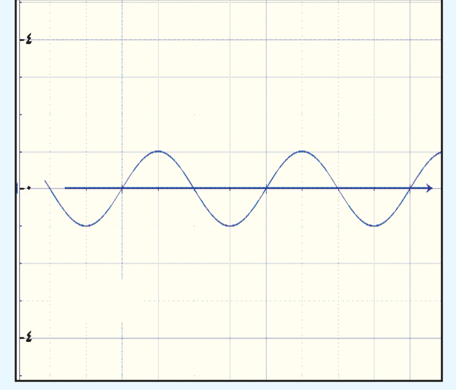
● **العوازل**

تتصف هذه المواد بمقاومتها العالية لعدم وجود شحنات حرة الحركة أو ضعيفة الارتباط بالنواة، بحيث تكون المدارات قليلة؛ وبالتالي يكون ارتباط الإلكترونات بالأنوية قوياً جداً. شكل (٣- د) قد تكون هذه المواد العازلة سائلة، مثل: بعض أنواع الزيت، أو صلبة كالزجاج والمطاط ، بينما تعد معظم أنواع الغازات مواداً عازلة ، ولو كان غير ذلك لحدث التوصيل عند التعرض للهواء.

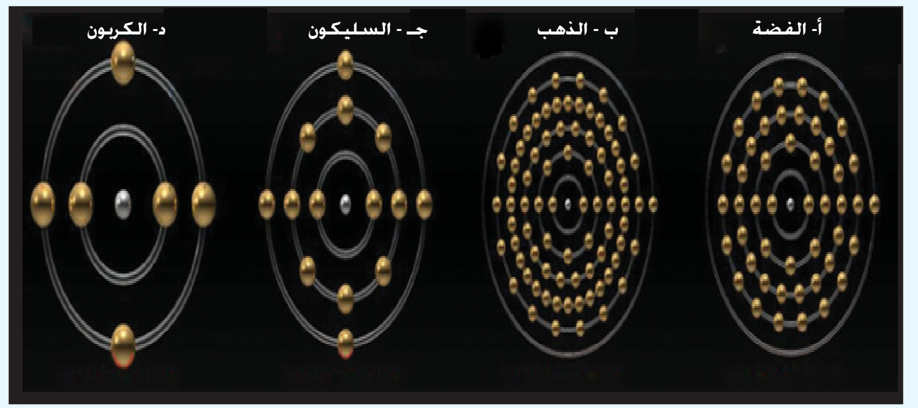
تكمن أهمية العوازل في تنوع استخداماتها الصناعية، مثل: صناعة البطاريات أو المكثفات، بالإضافة إلى أنظمة الحماية للدارات الكهربائية وغيرها. ومن الجدير بالذكر أن خصائص العزل لهذه المواد تتلاشى بشكل كامل أو جزئي عند درجات الحرارة العالية؛ مما يتطلب أهمية المحافظة عليها بعيداً عن الأسباب المؤدية لذلك.

● **أشباه الموصلات**

تتميز هذه المواد بأنها تكون عازلة في حالتها الطبيعية، وموصلة عند ظروف أخرى، مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في كثير من الصناعات التقنية، وتعد مادتي السليكون والجرمانيوم من أشهر أنواع أشباه الموصلات، وقد دخلت هذه المواد بقوة في صناعة الحواسيب، والتلفاز، والمذياع، وأجهزة الهاتف وغيرها. ومما يجب التنبيه عليه هو وجوب بقاء هذه المواد عند درجات الحرارة المناسبة لها؛ حتى لا تفقد طبيعة عملها، ويمكن ملاحظة ذلك في أجهزة



■ شكل (٢) تغير التيار المتناوب .



■ شكل (٣) مقارنة توصيلية بعض المواد من خلال ارتباط الالكترونات الحرة بالنواة.



■ شكل (٤) مقاومات التيار الكهربائي .

الحاسب حيث توجد المروحة التي تقوم بتبريد مادة السليكون. شكل (٣ - ج).

عناصر الدائرة الكهربائية

تشتمل الدائرة الكهربائية على عدة أجزاء، لابد وأن يحتويها أي نظام كهربائي، ومن أهمها ما يلي:

● **المقاومات**

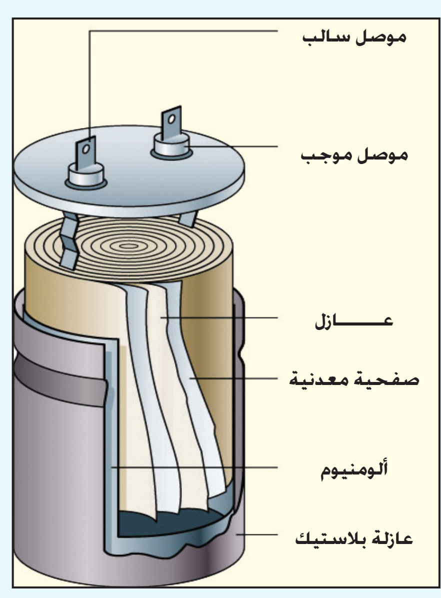
تعرف المقاومات (Resistors)بأنها مواد تقاوم جزيئاتها التيار الكهربائي المار عليها، مما يؤدي إلى ردود فعل مختلفة، فمثلاً تصدر بعض المقاومات الحرارة كرد فعل؛ لتستخدم كسخانات أو أجهزة لحام، وبعضها تكون ردة فعلها انبعاث الضوء فتستخدم في تطبيقات الإنارة، وبعضها يقلل ويثبت الجهد الكهربائي عند قيمة معينة، مما يتيح استخدامها في الأجهزة الإلكترونية كجهاز الحاسب والتلفاز، شكل (٤).

● **المواسعات**

تعد المواسعات(Capacitors) ذات أهمية كبيرة في معظم التطبيقات الإلكترونية، مثل الراديو، والتلفاز وغيرها، تتكون أبسط أنواع المواسعات من ثلاث مواد. منها مادتان لهما خاصية التوصيل، بينما المادة الأخرى عازلة، حيث توضع المادة العازلة بين المادتين الموصلتين؛ لإحداث توسيع وتخزين الجهد الكهربائي، شكل (٥).

● **الملفّات**

يعرف الملف (inductor) بأنه عبارة عن موصل يصمم بشكل ملفوف حول محور معدني، تستخدم



■ شكل (٥) التركيب العام للموسع .



■ شكل (٦) ملفات تخزين المجال المغناطيسي .

الملفات بشكل واسع في المحركات الكهربائية؛ كي تقوم بتخزين المجال المغناطيسي في الأجهزة الكهربائية وتحويله إلى حركة، شكل (٦).

طرق التوليد

تعرف عملية التوليد بأنها إنتاج الطاقة الكهربائية، وتتم بطرق مختلفة، هي:

● **الطريقة التقليدية**

تستخدم الطريقة التقليدية لإنتاج التيار المتردد، وذلك بواسطة التوربينات الغازية، وتوربينات الديزل، والتوربينات المائية، والمفاعلات النووية.

● **طريقة غير تقليدية**

تستخدم معظم مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية وخلايا الوقود وغيرها في إنتاج التيار الثابت، فيما عدا التوربينات المائية، وتوربينات الرياح، والطواحين الهوائية، وطاقة المد والجزر، فإنها تستخدم في إنتاج التيار المتردد بفضل الحركة الدائرية التي تتصف بها هذه المصادر.

التردد الكهربائي

يعرف التردد الكهربائي أنه عبارة عن عدد دورات التوربين في الدقيقة الواحدة، الأمر الذي يحدد عدد مرات تناوب التيار الكهربائي في الثانية الواحدة، فمثلاً إذا كان التيار الكهربائي يتناوب في الثانية الواحدة ستين مرة فيصبح التردد ٦٠ هيرتز. ولذلك فإن اختيار التردد ليس أمراً عشوائياً أو اعتباطياً، وإنما يعتمد بشكل أساسي على تصميم المولدات. يستخدم معظم بلدان العالم نظام التردد ٥٠هيرتز، بينما تستخدم السعودية وكندا وأمريكا وبعض دول أمريكا الجنوبية نظام التردد ٦٠هيرتز.

تكمن أهمية قياس التردد في الحفاظ على استقرارية الشبكة، فمثلاً لو تغير تردد المملكة من ٦٠ إلى٥٩,٥هيرتز، فإنه لابد في هذه الحالة من بناء شبكة كهربائية جديدة؛ نظراً للعواقب الوخيمة التي قد تحدث جراء ذلك. ولفهم دور التردد و أهميته في الشبكة، لنفترض أن لدينا عربة تجرها خيول، ولكي تجر العربة بكفاءة، يجب أن تعمل الخيول بشكل متناسق و بتردد واحد، وكذلك المولّدات يجب أن تعمل على تردد موحد، حتى لا تكون بعض المولدات حمل إضافي لمولّدات أخرى، وهو ما يمكن تصوره للخيول لو أن أحدهم تكاسل وتباطأ، شكل (٧).



■ شكل (٧) توزيع قيم التردد في العالم .

الشبكة الكهربائية

يعد نظام الشبكة الكهربائية من أعقد الأنظمة الاستهلاكية على الإطلاق، لاحتوائها على مجموعة من الأجهزة والمعدات التي تتكامل فيما بينها؛ بهدف إنتاج الطاقة الكهربائية وتوزيعها على المستهلكين لاستخدامها بصورها المختلفة، سواء كانت حركية أو حرارية أو ضوئية وغيرها. وبناءً على ذلك يتم بناء الشبكات الكهربائية للحصول على أعلى كفاءة ممكنة بأقل تكلفة، ولذلك نجد أن معظم دول أوروبا يستخدمون شبكة واحدة ، كما أن كل القارة الأمريكية يمتلكون شبكة كهربائية واحدة.

تعد الشبكة الكهربائية في أبسط صورها كالدارة الكهربائية، لها مصدر كهربائي كالتوربينات، ولها موصلات كخطوط النقل، كما أن لها أيضاً حملاً كهربائياً لخدمة مدينة أو قرية ما. وتوجد بين هذه العناصر عدة أجزاء تؤدي أدواراً مختلفة في الشبكة؛ بهدف رفع كفاءة الشبكة والتقليل من الانقطاعات، وكذلك التخفيض من التكاليف، ومن أهم هذه الأجزاء ما يلي:

● **المحولات**

تعد المحولات (Transformers) من أهم مكونات الشبكة الكهربائية؛ نظراً لدورها الحيوي والحساس الذي يتمثل في رفع قوة الجهد الكهربائي ليصل إلى ٥٠٠ ألف فولت، بهدف خفض قيمة التيار الكهربائي وتكاليف نقله، وعند وصول خط النقل قرب المدينة يتم تخفيض الجهد الكهربائي - رفع التيار الكهربائي - شيئاً فشيئاً حتى يصل إلى درجة الجهد في المنزل، وهي عادة ما تكون ٢٢٠ أو ١١٠ فولت، شكل (٨).

● **المحطات الفرعية**

يتم في المحطات الفرعية (Substations) استقبال الطاقة الكهربائية بجهد عالٍ، لتقوم بعد ذلك بعدة أدوار، تتمثل في حماية التيار وقياسه وتنظيمه وتوصيله أو قطعه بالإضافة إلى تحويله وتوزيعه على أجزاء الشبكة الكهربائية. ومن الجدير ذكره أن حجم هذه المحطات يتناسب طردياً مع قيمة الجهد الكهربائي، حيث يحتاج الجهد الكهربائي العالي إلى محطات فرعية ضخمة والعكس صحيح.

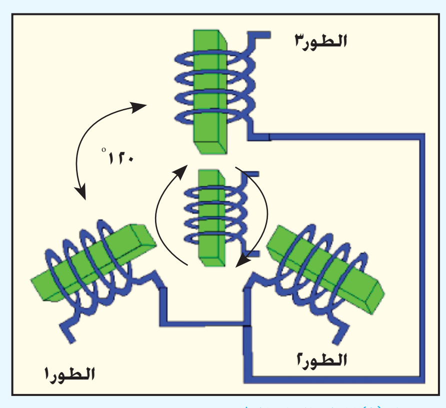


■ شكل (٨) أحد المحولات المستخدمة في تحويل الجهد.

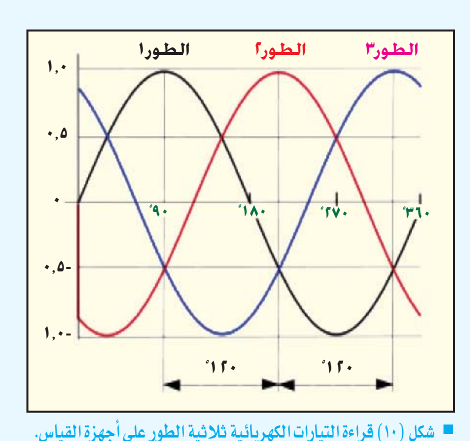
● **النقل ثلاثي الطور**

تعد خطوط النقل بصفة عامة ذات أهمية اقتصادية كبيرة بالنسبة للشبكة الكهربائية في مختلف دول العالم، ويمكن ملاحظة هذه الخطوط على الطرق البرية عند الانتقال من مدينة إلى أخرى، حيث تمتد الأبراج الكهربائية التي تحمل في الغالب ثلاثة موصلات كتقنية ذات كفاءة عالية وجدوى اقتصادية مقبولة، بينما لو زاد عدد الموصلات فقد تصبح بذلك تكلفة النقل أعلى من العائد تقريباً.

يقوم النقل ثلاثي الطور بنقل ثلاثة تيارات مختلفة التموج، ويجب التنبيه إلى أن اختلاف التموج لا يكمن في شكل الموجة، وإنما في توقيتها، شكل (٩)، حيث يلاحَظ أن المولد ثلاثي الأطوار يتكون من أربعة أجزاء، ثلاثة منها تعبر عن الأطوار الثلاثة وتشكل فيما بينها دائرة بزاوية ١٢٠° عن بعضها البعض، بينما يقع الجزء الرابع في المنتصف ويتحرك حركة دورانية لتقابل أحد الأطوار الثلاثة، وفي هذه الحالة يكون هذا الطور عند قيمته القصوى، وهكذا للأطوار الأخرى. ولهذا فإن الأطوار الثلاثة تتناوب على حمل التيار، فمثلاً في لحظة من اللحظات يحمل الطور الأول قيمة التيار القصوى، ويحمل الطور الثاني القيمة المتوسطة، بينما يحمل الطور الثالث القيمة الدنيا، ثم يختلف هذا الترتيب في لحظة أخرى، وهكذا؛ مما يسمح أن يكون التيار بقيمته القصوى في مختلف الأوقات، شكل (١٠). أما لو كان هناك طور واحد فقط فإن التيار سيكون في قيمته القصوى عندما يكون الحمل الكهربائي عالياً، بينما لو انخفض التيار إلى قيمته المتوسطة أو الدنيا فإن الحمل سينخفض أو ينقطع؛ لعدم كفاية التيار.



■ شكل (٩) المولد ثلاثي الطور.



■ شكل (١٠) قراءة التيارات الكهربائية ثلاثية الطور على أجهزة القياس.

منحنى الأحمال

يختلف الاستهلاك الوطني اليومي للطاقة الكهربائية باختلاف الأوقات، فمثلاً عند ساعات الليل وساعات الفجر الأولى يكون استهلاك الطاقة خفيفاً، وذلك بسبب توقف المصانع والدوائر الحكومية و الخاصة و الأسواق و المستودعات، وعندما تشرق الشمس يبدأ الحمل بالارتفاع بشكل مضطرد نظراً لبدء الحركة اليومية للمستهلكين، حتى يصل إلى وقت الذروة عند ساعة الظهيرة، وقد يستمر من عدة دقائق إلى سويعات، ومن ثم يبدأ في الانخفاض عند ساعات العصر و المغرب ليصبح عند ساعات الليل في أدنى مستوياته. ومن الجدير بالذكر أن منحنى الحمل السنوي يشبه إلى حد كبير منحنى الحمل اليومي، بحيث تزداد الأحمال في أشهر الصيف بينما تنخفض في الشتاء والربيع بشكل ملحوظ.

المراجع

1 - **Ulaby, F.T.,** Fundamentals of Applied Electromagnetics, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 407 ,1997 pages. Fifth edition, 2006.

2 - **Halliday, Resnick & Walker,** Fundamentals of Physics, 7th Ed, Extended, Wiley 2005

3 -Fundamentals of electric circuits (concise), 2nd Ed by **Charles K Alexander** and **Matthew N. O. Sadiku.**

توليد الطاقة الكهربائية أنواعه وخصائصه

د. أيمن بن عبدالله العبدالجبار

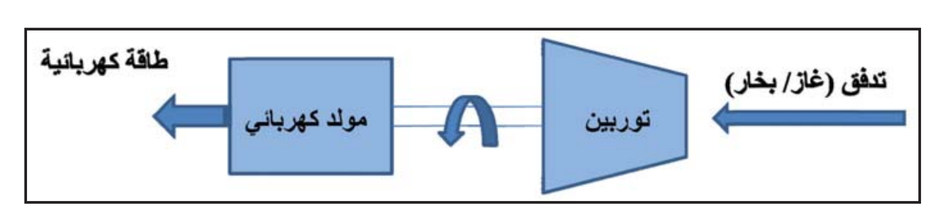


تعد قضية توفير مصادر وإنتاج الطاقة الكهربائية من الأمور المهمة والملحة التي يجري الحديث عنها في المؤتمرات والملتقيات الدولية؛ لأنها تمثل عنصر أساسي في بناء الاقتصاد العالمي والمحلي لكل دولة. ولا يوجد خلاف بين البشر على أهمية الطاقة الكهربائية في دفع عجلة التنمية بجميع أشكالها في المجتمعات، كما أنه لا يتصور أن تكون هناك حياة هادئة ومستقرة بدون هذه الطاقة التي تم باكتشافها وجعلها في متناول الجميع؛ تحسين حياة الإنسان وتلبية الكثير من حاجياته وضرورياته، بل أصبحت إمكانية الوصول والاستهلاك للطاقة الكهربائية أحد المؤشرات المادية الدالة على سهولة ورقي الحياة في أي مجتمع مدني. وفضلاً عن ذلك، هناك اقتران واضح بين تحسين جودة الحياة في أي مجتمع وسهولة حصول أفراده على الطاقة الكهربائية وزيادة استهلاكهم لها وهو ما يجعل توليد الطاقة الكهربائية وإيصالها للمستخدم من الأمور المهمة والملحة في أي مجتمع نام أو يملك طموحات تنموية.

يستعرض هذا المقال الطرق العامة المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائية بما في ذلك أنواع الوقود المستخدم، بالإضافة إلى الحديث عن قطاع إنتاج الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية وأهم التحديات التي يواجهها مع ذكر بعض الحلول والمبادرات المتبعة حالياً في هذا المجال.

أنظمة توليد الطاقة الكهربائية

يمكن تقسيم أنظمة توليد الطاقة الكهربائية - طبقاً لأنواعها وخصائصها المختلفة - إلى قسمين هما:



■ شكل (١) الصورة العامة الرمزية لعملية إنتاج الطاقة الكهربائية.

● التوليد بمصادر الطاقة التقليدية

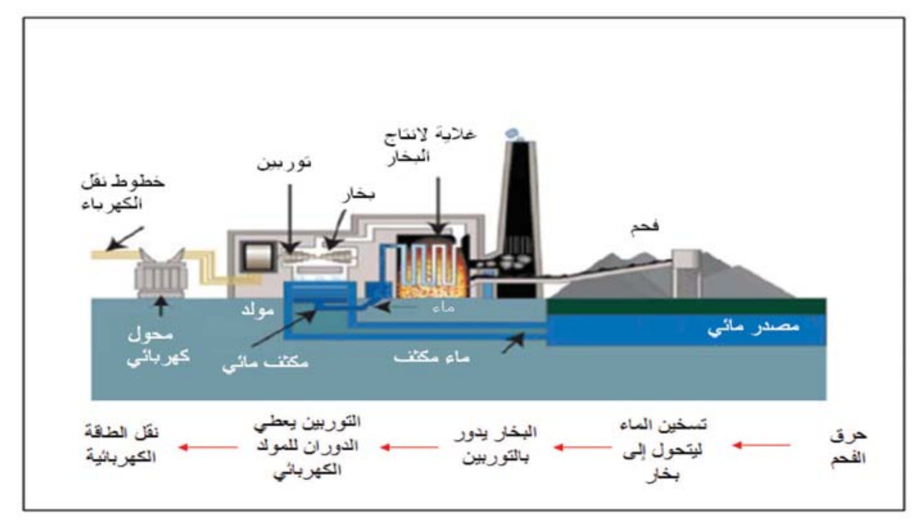
يمكن تعريف الطاقة التقليدية بأنها عبارة عن مكونات ومصادر الطاقة التي - بمجرد استهلاكها - لا يمكن إيجاد بديل مماثل لها أو تعويضها في فتره قصيرة تمتد إلى سنوات، وذلك بعكس الطاقة المتجددة التي تتجدد وتتوفر دائماً أو في فترات قصيرة كالشمس والرياح.

تقوم فكرة توليد الطاقة الكهربائية، شكل (١)، على إحداث مجال مغناطيسي متغير مع الزمن بمواصفات معينة يؤدي إلى إنتاج جهد كهربائي بين أطراف المولد الكهربائي (Generator) أثناء تقاطعه مع الملفات الكهربائية الداخلية الثابتة له. يقوم التوربين (Turbine) في هذه العملية بتدوير الملفات المولدة للمجال المغناطيسي داخل المولد بسرعة منتظمة، ويستمد التوربين طاقة دورانه من الغاز أو البخار المتدفق عليه، والذي يتكون بصور مختلفة ينسب إليها عادة نوع المولد الكهربائي كما سيتضح فيما بعد.

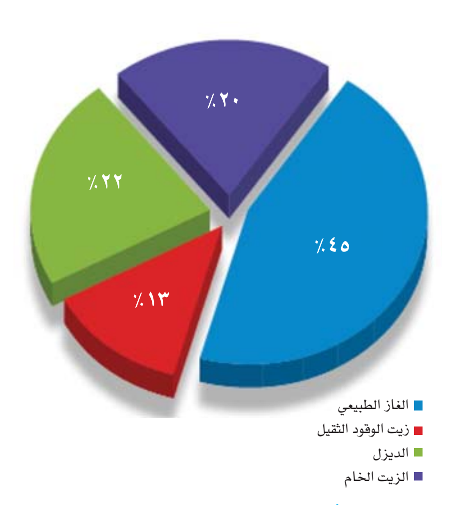
هناك عدة طرق لإنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام مصادر الطاقة التقليدية، التي تختلف وتتباين فيما بينها بصورة عامة طبقاً لطريقة إنتاج البخار المتدفق على التوربين، والذي يعد أحد العناصر الأساسية في عمل المولد الكهربائي. ومن أهم طرق إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة التقليدية ما يلي:

■ **الوقود الأحفوري:** ويشكل بأنواعه المختلفة قرابة ٨٠٪ من مصادر الطاقة المستهلكة حول العالم، وذلك لتوفره في الطبيعة وتكلفته المنخفضة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، وقد أدت هذه الميزات إلى الاستخدام الواسع لهذا المصدر مما قد يقود إلى نضوبه.

يتم إنتاج الطاقة الكهربية من الوقود



■ شكل (٢) المخطط العام لمحطة إنتاج طاقة كهربائية باستخدام الفحم.



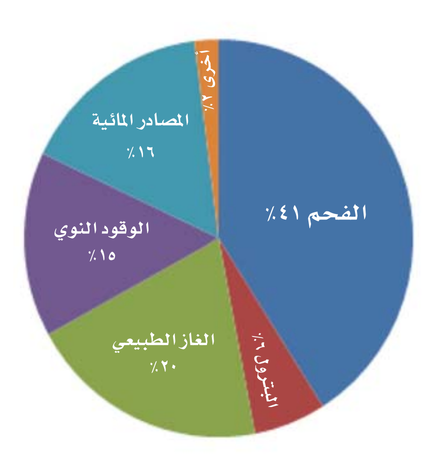
■ شكل (٤) أنواع الوقود المستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية في محطات التوليد في المملكة.

الأحفوري، وذلك بحرق الفحم الحجري، أو الغاز الطبيعي، أو البترول وبعض مشتقاته للاستفادة من الحرارة الناتجة من عملية الاحتراق في رفع درجة حرارة الماء للحصول على البخار (Steam)، الذي يتدفق ويدخل إلى التوربين فيؤدي إلى دورانه، ويوضح الشكل (٢) المخطط العام لمحطة إنتاج طاقة كهربائية باستخدام الفحم.

الجدير بالذكر، أن هناك عدة مستلزمات مهمة متعلقة بإنشاء محطات إنتاج الكهرباء باستخدام الوقود الأحفوري، منها على سبيل المثال:

- توفر الماء لاستخدامه في إنتاج البخار، والتبريد.
- قرب محطة التوليد من مصدر الوقود لتفادي صعوبة، وتكاليف، وخطورة نقل الوقود.
- بعد محطة التوليد عن المناطق السكنية حفاظاً على الصحة والبيئة المحيطة بها.
- إنشاء خطوط نقل مع توفير الإمكانيات لنقل الطاقة المتولدة إلى الشبكة الكهربائية.

تتوقع الدراسات استمرار الفحم الحجري كوقود أساسي لتوليد الطاقة الكهربائية، وسيزداد الاعتماد عليه ليمثل ٤٣ ٪ عام ٢٠٣٠م خاصة في الدول الغنية بهذا المصدر، مثل: الصين، والهند، والولايات المتحدة. أما فيما يتعلق بالغاز الطبيعي، فإن نسبة نمو استخدامه لتوليد الطاقة الكهربائية تقدر بحوالي ٢,٧٪ سنوياً نظراً لكفاءته وقيمته وبعض مزاياه الفنية الأخرى. أما بالنسبة للبترول ومشتقاته فإن سعره من العوامل المؤثرة في استخدامه كوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية، لكن تشير الدراسات إلى أن استخدامه كوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية سينمو سنوياً بنسبة ٠,٧ ٪ حتى عام ٢٠١٥م، وإن هذه النسبة قد تزيد أو تنقص بناء على أسعاره العالمية، ويوضح الشكل (٣) أنواع الوقود المستخدم في إنتاج الطاقة الكهربائية حول العالم، حيث يلاحظ أن الفحم هو أكثر الأنواع المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائية بنسبة ٤١٪، بينما يحتل البترول ومشتقاته المرتبة ما قبل الأخيرة بنسبة ٦٪، مما يدل على أن محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم



■ شكل (٣) أنوع الوقود المستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية في العالم.

البترول ومشتقاته اقل المحطات إسهاماً في انبعاثات الغازات الملوثة والتي يعزى جزء كبير منها إلى محطات توليد الكهرباء باستخدام الوقود الأحفوري. بينما يوضح الشكل (٤) نسبة ونوع الوقود المستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية في محطات التوليد في المملكة العربية السعودية.

يقدر الوقود البترولي ومشتقاته المستخدم حالياً في توليد الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية بمليون وثلاثمائة ألف برميل يومياً من المكافئ النفطي قابلة للزيادة في الأعوام القادمة، مما يستوجب حلولاً جديدة تقدم لهذا القطاع الحيوي .

■ **الوقود النووي:** ويعد استخدامه من المصادر المهمة والمشهورة في إنتاج الطاقة الكهربائية، حيث يتم انشطار نواة ذرة اليورانيوم إلى جزئين مكونة نواتين أقل وزنا من النواة الأم، بالإضافة إلى انطلاق كمية من الطاقة على شكل حرارة يتم استخدامها في تبخير الماء إلى بخار لدفع وتحريك التوربين، ومن ثم توليد الطاقة الكهربائية.

تعد الطاقة الكهربائية الناتجة من التفاعلات النووية أعلى بكثير - مقارنة بالناتجة من الوقود الأحفوري - مما يرفع كفاءة هذا النوع من المحطات، بالإضافة إلى أنها تساعد على رفع احتياطي الوقود الأحفوري بأنواعه نتيجة لعدم استخدامه. على سبيل المثال: فإن واحد جرام من اليورانيوم يعطي طاقة تقدر بحوالي ٢٢٨٠٠

(ك. و. س) مقارنة ب ٠,٠١ (ك. و. س) من جرام واحد من الكربون.

يوجد حول العالم محطات نووية مدنية كثيرة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية، حيث يوجد في الولايات المتحدة ٦٦ محطة نووية كهربائية تنتج قرابة ٢٠٪ من استهلاكها الكهربائي، بينما تنتج فرنسا ما يعادل ٧٥٪ من إنتاجها الكهربائي عن طريق محطات الكهرباء النووية.

● التوليد بمصادر الطاقة المتجددة

تعرف مصادر الطاقة المتجددة بأنها المصادر التي تتجدد وتتوفر دائماً أو في فترات قصيرة كطاقة الشمس وطاقة الرياح. وتشير الدراسات إلى أن مصادر الطاقة المتجددة ستكون الأسرع نمواً في مجال توليد الطاقة الكهربائية من بين جميع أنواع الطاقات الأخرى، حيث ستصل نسبة نموها إلى ٢,٩٪ سنوياً لتشكل قرابة ٢١٪ من الإنتاج العالمي للكهرباء عام ٢٠٣٠م مقارنة بحوالي ١٩٪ عام ٢٠٠٦م بكمية إضافية لقدرة الإنتاج الكهربائي تقدر ب ٣,٣ تريليون (ك.و.س.).

هناك ثلاثة أسباب رئيسة لانتشار توليد الكهرباء باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة وهي:

١- لا يؤدي إنتاجها للكهرباء إلى انبعاث غازات تضر بالبيئة (صديقة للبيئة).

٢- مصدر آمن لعدم اعتماده على دول أو مناطق أخرى.

٣- زيادة الدعم الحكومي لهذا القطاع والذي يتلخص في ثلاثة محفزات رئيسة:

(أ) - **تعريفة توصيل الخدمة (Feed-in tariff)**: وتشمل ثلاثة عناصر هي:

- ضمان توصيل الكهرباء الناتجة من تقنيات الطاقة المتجددة إلى الشبكة الكهربائية.
- ضمان توقيع عقد طويل الأمد مع منتجي الكهرباء بتقنيات الطاقة المتجددة، وبالتالي ضمان استمرارية الدخل المالي بالنسبة للمنتج.
- شراء الكهرباء المنتجة بسعر تفضيلي عن بقية المصادر الأخرى.

(ب) **الحوافز الضريبية**: وتأخذ عدة أشكال متعددة تصب في مصلحة المستثمرين في هذه التقنيات.

(ج) **فرض حصة محددة من الإنتاج العام للكهرباء**: كأن تفرض الحكومة نسبة ٣٠٪ من إنتاج الكهرباء في الدولة من تقنيات الطاقة المتجددة، وبالتالي يتنافس المستثمرون للاستفادة من هذه المشاريع، علماً بأن النسبة المحددة (٣٠٪) قد توزع بين تقنيات مختلفة للطاقة المتجددة. ففي مصر – مثلاً – تم وضع نسبة ٢٠٪ لتكون حصة التوليد بالطاقات المتجددة عام ٢٠٢٠م منها ١٢٪ عن طريق طاقة الرياح والباقي لمصادر أخرى. كما تم وضع ١٠٪ في ليبيا بنهاية عام ٢٠٢٠م لمصادر الطاقة المتجددة.

توجد عدة مصادر للطاقة المتجددة منها: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المياه الساقطة، واستخدام الهيدروجين، والحرارة الأرضية، وطاقة الأمواج البحرية، وغيرها. وتعد المصادر الثلاثة الأولى الأكثر انتشاراً وتداولاً، وهي:-

■ **الطاقة الشمسية**: وتعد من الوسائل المستخدمة بكثرة لإنتاج الطاقة الكهربائية نظراً لتوفر مصدرها – الشمس – كما أنها من الطاقات والوسائل النظيفة جدا، و علاوة على تميزها بإمكانية تركيبها وتشغيلها عن طريق المستخدم مباشرة سواء في البيت أو المنشأة، إذ إنها لا تحتاج في كثير من استخداماتها إلى أنظمة نقل خاصة. فعلى سبيل المثال: تستخدم الألواح الكهروضوئية في إنارة الأنفاق وتشغيل محطات الهواتف المتنقلة أو الموجودة في أماكن نائية بالإضافة إلى استخدامها في توفير الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل أنظمة الأقمار الصناعية والذي يعد من التطبيقات الرائدة لمثل هذه التقنية، شكل (٥).

تعتمد فلسفة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية - التوليد الكهروضوئي – على استخدام مواد خاصة (كأشباه الموصلات وخاصة السليكون) تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية مما يكسبها طاقة داخلية تمكن الالكترونات من التحرر والانبعاث مشكلة تياراً كهربائياً.



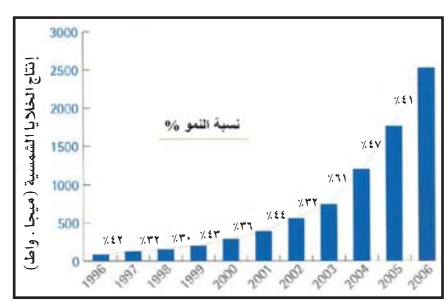
■ شكل (٥) تشغيل أنظمة الأقمار الصناعية بالطاقة الشمسية.

تتميز الأنظمة الكهروضوئية بمزايا متعددة ومن أهمها: طول عمرها الزمني الذي قد يصل إلى ٢٥ سنة، وعدم حاجتها إلى صيانة دورية مكلفة. وبالرغم من ذلك فإن لها بعض العيوب منها: تكلفتها الابتدائية العالية، وكفاءتها المنخفضة نوعاً ما بالإضافة إلى اعتماد معظم تقنياتها على المساعدات الحكومية بمختلف أنواعها.

هناك مجمعات لأنظمة شمسية كثيرة حول العالم كما أن هناك خططاً ومشاريع معلنة كثيرة لإنشاء أمثال هذه المحطات الشمسية من اجل الاستفادة من هذا المصدر المتوفر. فمن عام ٢٠٠٤م إلى ٢٠٠٥م بلغت نسبة نمو استخدام الألواح الشمسية ٤٥٪ لتصل إلى ١,٣٦٤ ميجاواط معظمها في ألمانيا واليابان والولايات المتحدة. يوضح الشكل (٦) مستويات النمو في إنتاج الخلايا الشمسية في العالم من عام ١٩٩٦م إلى عام ٢٠٠٦م.

هناك طرق أخرى للاستفادة من الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء منها:

- تركيز أشعة الشمس بشكل أكبر على الخلية الكهروضوئية باستخدام عدسات مركزة، حيث أثبتت هذه الطريقة فاعليتها في إنتاج طاقة



■ شكل (٦) مستويات نمو إنتاج الخلايا الشمسية في العالم (١٩٩٦م – ٢٠٠٦م).

كهربائية أكثر من الخلية نفسها. ولكن المشكلة تكمن في ارتفاع أسعار هذه التقنيات وذلك لضرورة تركيب عدسات مركزة لأشعة الشمس وأيضا لضرورة استخدام خلايا شمسية خاصة، بالإضافة إلى تركيب جهاز تحكم يقوم بتحريك الألواح الضوئية في اتجاهين أو اتجاه واحد لتتبع موقع الشمس، علاوة على حاجة هذا النظام إلى طريقة لتجربة الخلية من جراء ارتفاع درجة حرارتها.

توجد هناك أبحاث متقدمة في مجال الأنظمة الشمسية المركزة، ومنها الأبحاث التي تقوم بها **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** والتي أسهمت في إطلاق مبادرة تحلية المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية ومنها الأنظمة الشمسية المركزة.

- تركيز أشعة الشمس باستخدام أطباق منحنية عاكسة تقوم بتركيزها على أنبوب ممتد يحوي بداخله زيت (أو وسط آخر)، حتى إذا ارتفعت حرارة الزيت تم استخدامه لتبخير الماء والذي يستخدم بعد ذلك في إدارة التوربينات وإنتاج الكهرباء.

تقدر كمية القدرة الشمسية الساقطة بحوالي ألف واط/م٢، مما يعني أنه في حالة وجود خليه شمسية بمساحة قدرها ١م٢ وتعمل بكفاءة كاملة، فإن كمية القدرة الكهربائية التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس الساقطة عليها ألف واط، إلا أنه نظرا لتواضع كفاءة الخلايا الشمسية في الوقت الراهن - تتراوح من ١٥٪ -٢٥ ٪ - فإن جزءا محددا فقط يمكن الاستفادة منه بالإضافة إلى الفقد الناتج عن التركيبات المكملة للنظام الشمسي، مثل: التوصيلات الكهربائية.



شكل (٧) مراوح طاقة الرياح.

■ **طاقة الرياح**: وتعد من الوسائل المنتشرة والناجحة التي أثبتت جدارتها في إنتاج الطاقة الكهربائية، كما هو منتشر بكثرة في أمريكا وأوروبا وبعض الدول العربية كمصر. يتم تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية - عن طريق المراوح أو الريش - تستخدم لتدوير التوربين وإنتاج الكهرباء. يعد اختيار الموقع المناسب لمثل هذا النوع من إنتاج الكهرباء مهماً جداً، حيث إن سرعة الرياح تعد من الأمور المحددة لكمية الإنتاج الكهربائي. وعادة ما تكون المراوح أو الريش كبيرة الحجم ومرتفعة عن سطح الأرض وتصل أحياناً إلى أكثر من ١٠٠ متر، كما هو موضح في الشكل (٧).

إن الاهتمام بمثل هذا النوع من التقنية يعد من الأمور المهمة في مجال صناعة الطاقة وذلك لتوفر مصدره وهو الرياح، وبسبب جدواه من ناحية قدرته التوليدية الجيدة للكهرباء. تشير الدراسات إلى أن طاقة الرياح ستكون أكثر أنواع الطاقات المتجددة نمواً في المستقبل، حيث ستبلغ نسبة نموها ٩,٩٪ سنويا لتصل الطاقة الكهربائية الإجمالية منها من ٣١٢ بليون ك.و.س عام ٢٠١٠م وإلى قرابة ١٢١٤ بليون ك.و.س عام ٢٠٣٠م، مما يدل على حجم الاستثمار الهائل في هذا المصدر المتجدد للطاقة.

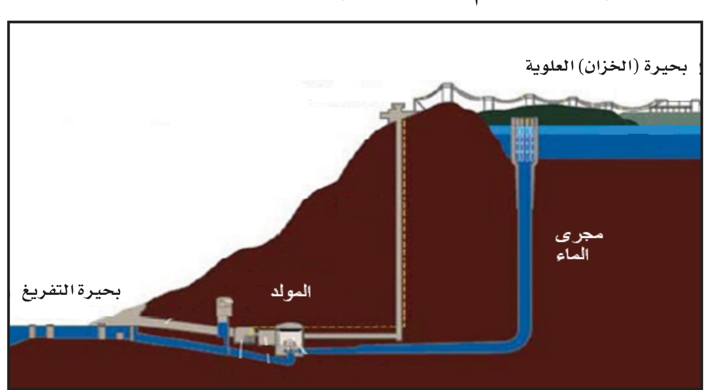
■ **طاقة المياه الساقطة** : وتعد من الوسائل الممكنة والنظيفة التي تم استخدامها في أماكن كثيرة حول العالم خاصة الغنية بمساقط المياه، كما أنها تعد أكثر مصدر للطاقة الكهربائية - مقارنة بأنواع الطاقات المتجددة - استخداما حول العالم. تعتمد طاقة المياه الساقطة على استغلال جريان الماء السريع بكميات محددة في تكوين التدفق المائي المطلوب لتدوير التوربين، ومن ثم إيصال هذه الطاقة للمولد لإنتاج الطاقة الكهربائية.

هناك نوعان من طرق استغلال المياه الساقطة أو المتحركة هما:

- **السد المائي (Hydroelectric Dam)**: وفيه يتم استغلال الماء المتجمع في السدود الكبيرة، وعمل مجرى له بمواصفات معينة ينتقل فيه الماء من مكان مرتفع إلى آخر منخفض، حيث يمر هذا التيار المائي القوي على توربين مائي خاص فيتم دورانه وبالتالي إنتاج الكهرباء، شكل (٨).

- **الخزن المائي (Pumped-Storage Plant)**: ويتم فيه انسياب التيار المائي من خزان مائي أو بحيرة علوية إلى خزان مائي أو بحيرة سفلية أثناء عملية إنتاج الكهرباء. وفي وقت لاحق يتم ضخ الماء من البحيرة السفلية وإعادتها مرة ثانية إلى البحيرة العلوية وذلك بتشغيل المولد الكهربائي كموتور يستمد طاقته الكهربائية من الشبكة التي تتصل بها محطة التوليد أثناء فترة انخفاض التعريفة الكهربائية وانخفاض الطلب على الطاقة الكهربائية أيضا، يوضح الشكل (٩) الصورة العامة لهذه الطريقة.

■ شكل (٨) استخدام السد المائي في إنتاج الكهرباء.



■ شكل (٩) إنتاج الكهرباء بضخ وتجميع المياه.

المحافظة على مصادر الطاقة الكهربائية

توجد ثلاث مسارات عالمية للإسهام في حل مشكلة الطاقة التي تعد من القضايا الكبرى التي تهدد خطط التنمية في دول العالم. ويمكن إيجاز هذه المسارات على النحو التالي:

● **وضع القيود على طلب الطاقة**

يتم وضع القيود على طلب الطاقة عن طريق فرض التنظيمات والتشريعات التي تتعلق بتسعيرة استخدام الطاقة الكهربائية، بالإضافة إلى ارتفاع أسعار مواد الطاقة الخام كالبترول والغاز والفحم، مما يعطي رسائل للمستهلكين بضرورة خفض الاستهلاك بما لا يؤثر سلبياً على التنمية المستدامة. يضاف إلى ذلك فرض القيود المتعلقة ببناء محطات تقليدية جديدة لأسباب بيئية وصحية؛ مما يجبر المستهلك لأن يبحث عن وسائل ترشيد للطاقة لتفادي القيود في الإمدادات.

● **تحسين كفاءة إنتاج الطاقة واستخدامها**

يعد هذا المسار من المسارات المهمة للحفاظ على الطاقة؛ لأن كفاءة تحويل مصادر الطاقة التقليدية من حرارة إلى طاقة ميكانيكية تستخدم في التوليد لا تتجاوز تقريباً ٣٥٪، مما يعني أن قرابة ٦٥٪ من مصادر الطاقة التقليدية المستخدمة يضيع بلا فائدة ويشكل هذا خسارة هائلة لمثل هذه المصادر. يضاف إلى ذلك الطاقة التي سيتم فقدها في عملية توليد الطاقة الكهربائية ونقلها وتوزيعها، مما يجعل النظر في هذا المسار (مسار تحسين الكفاءة) من القضايا المهمة والرئيسية للمحافظة على المصادر التقليدية.

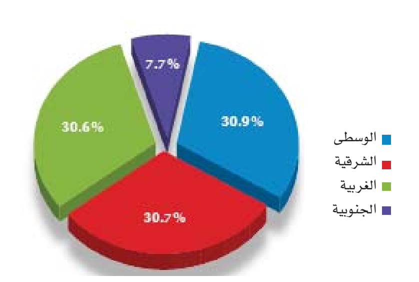
● **زيادة التركيز على المصادر المتجددة**

تمثل زيادة التركيز على المصادر المتجددة أحد الحلول العملية، ولكنها تستلزم الكثير من البحث العلمي والإنفاق المالي من أجل الاستخدام الأمثل لها.

استهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة

يزداد استهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة بشكل ملحوظ عاماً بعد عام نظرا لزيادة استهلاك الفرد من الطاقة، وزيادة أعداد المشتركين، ودخول هذه الخدمة إلى معظم مناطق المملكة، فضلاً عن المشروعات التنموية الضخمة التي تنفذها المملكة في شتى مناحي الحياة. يوضح الشكل (١٠) مقدار استهلاك الفرد من الكهرباء في المملكة العربية السعودية من عام ١٩٩٠ م إلى عام ٢٠٠٨ م، كما يوضح الشكل (١١) زيادة أعداد المشتركين في المملكة خلال الفترة من عام ٢٠٠٠م إلى عام ٢٠٠٨م . بينما يوضح الشكل (١٢)، النسبة المئوية لتوزيع المشتركين حسب مناطق المملكة لعام ٢٠٠٨م.

يتضح مما سبق، أن حجم الاستهلاك المتوقع خلال السنوات القادمة سواء المحلية أو العالمية يجعل قضية الطاقة الكهربائية بجميع مكوناتها – توليد ونقل وتوزيع – من القضايا المهمة والملحة والتي تتصدر سلم الأولويات عند النظر إلى الخطط المستقبلية التنموية الطموحة.



■ شكل (١٢) توزيع المشتركين في مناطق المملكة لعام ٢٠٠٨م.

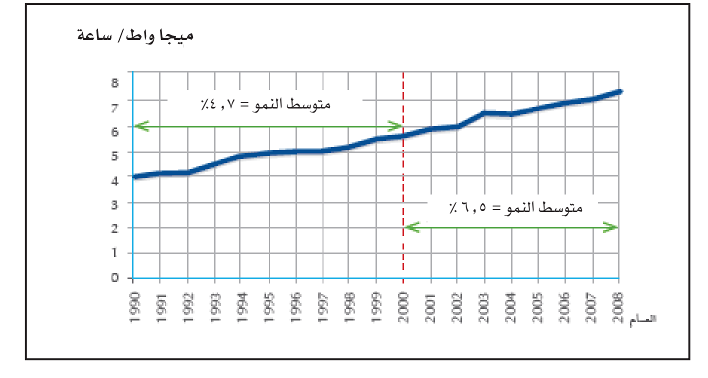
مصادر الطاقة الأخرى بالمملكة

تعتمد المملكة العربية السعودية في إنتاجها للكهرباء على البترول ومشتقاته بالإضافة إلى الغاز الطبيعي وإن الاستهلاك العام للبترول حالياً لإنتاج الطاقة الكهربائية يصل إلى قرابة ١,٣ مليون برميل يومياً من المكافئ النفطي قابل للارتفاع إلى ٢,٥ مليون برميل بحلول عام ٢٠٢٠م. إن المملكة تحتاج إلى إضافة قرابة ٣٠٠٠ ميجاواط سنويا لتلبية الاحتياج المتزايد من الطاقة الكهربائية، وهي كمية تعد مرتفعة؛ لأنها تضاهي القدرة القائمة في كل من سلطنة عمان والأردن ولبنان وقطر والكثير من الدول الإفريقية. يوضح الشكل (١٣) مقدار الحمل الذروي المتوقع للملكة من عام ٢٠٠٦م إلى عام ٢٠١٥م.

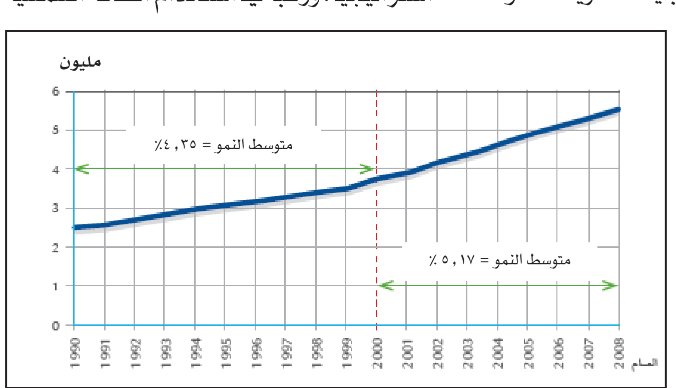
قامت المملكة بعدة مبادرات في هذا المجال منها ما يلي:-

● **المبادرة الوطنية لتحلية المياه بالطاقة الشمسية**

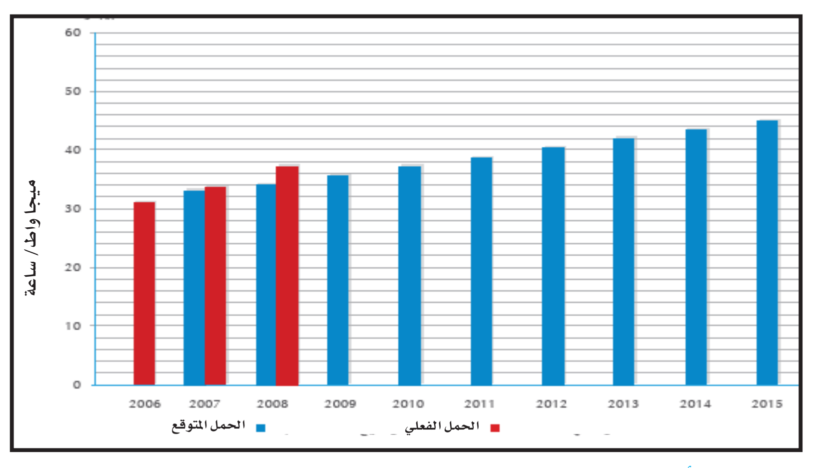
نظراً لأن تحلية المياه في المملكة تعد خياراً استراتيجياً، ورغبة في استخدام الطاقة الشمسية



■ شكل (١٠) استهلاك الفرد من الكهرباء (١٩٩٠م – ٢٠٠٨م).



■ شكل (١١) زيادة عدد المشتركين بالمملكة (٢٠٠٠م – ٢٠٠٨م).



■ شكل (١٣) الأحمال الذروية الفعلية والمتوقعة في المملكة (٢٠٠٦م - ٢٠١٥م).

باعتبارها مصدراً غنياً ودائماً في المملكة؛ فقد أطلقت **مدينة الملك عبدا لعزيز للعلوم والتقنية** مبادرة وطنية لاستخدام الطاقة الكهربائية الناتجة عن الطاقة الشمسية في تحلية المياه ٩ صفر ١٤٣١هـ - وذلك لاستثمار نتائج الأبحاث المتقدمة في مجال الأنظمة الشمسية وتحلية المياه التي تمت في المدينة وشركائها التقنيين، وأيضا إسهاماً في إيجاد حلول تقنية واقتصادية لتحلية المياه في المملكة. لقد تم إطلاق المبادرة بمشاركة أربع جهات فاعلة في المملكة وهي: وزارة المالية، ووزارة المياه والكهرباء،والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة ، ووزارة التجارة والصناعة.

تتألف المبادرة من ثلاث مراحل - تتم في تسع سنوات - هي:

١- بناء محطة لتحلية المياه المالحة في منطقة الخفجي بطاقة إنتاجية تبلغ ٣٠،٠٠٠ متر مكعب يومياً لسد حاجتها من مياه الشرب، وذلك من خلال بناء محطة لإنتاج الطاقة الشمسية بطاقة ١٠ ميجاواط خلال ثلاث سنوات.

■ (١٤) القرية الشمسية بالعيينة التابعة لمدينة الملك عبدا لعزيز للعلوم والتقنية.

٢- بناء محطة لتحلية المياه المالحة بطاقة إنتاجية تبلغ ٣٠٠،٠٠٠ متر مكعب يومياً بالطاقة الشمسية خلال ثلاث سنوات.

٣- بناء عدة محطات لتحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية في عدة مناطق من المملكة.

سيتم في هذه المشاريع تطبيق التقنيات المطورة في أنظمة الطاقة الشمسية وأغشية التناضح العكسي التي تم العمل عليها في معهد التميز المشترك لتقنيات النانو بين **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** وبين شركائها التقنيين.

يوضح الشكل (١٤) المحطة الشمسية التابعة **لمدينة الملك عبدا لعزيز للعلوم والتقنية** في العيينة، والتي كانت على وقت إنشائها أو أكبر محطة شمسية في المنطقة، حيث سيتم تطوير هذا الحقل الشمسي أيضاً بالتقنيات الجديدة للطاقة الشمسية.

● مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة

إن من الخطوات المهمة التي خطتها المملكة في هذا المجال هو إنشاء مدينة الملك عبدا لله للطاقة الذرية والمتجددة، وتهدف هذه المدينة بشكل أساسي إلى الاستفادة السلمية من الطاقة الذرية بالإضافة إلى الطاقة المتجددة من أجل توليد الكهرباء وتحلية مياه البحر، وذلك تلبية للطلب المتزايد عليهما بالإضافة إلى المحافظة على الموارد الهيدروكربونية المحلية الناضبة.

إن من شأن هذا القرار أن يساهم في توطين التقنيات المتقدمة في هذين المجالين بالإضافة إلى الاقتصاد في استهلاك الموارد الأحفورية المحلية، والذي بدوره سيساهم في تنوع الاقتصاد المحلي ومتانته.

خاتمة

تعد قضية إنتاج الطاقة الكهربائية من القضايا الملحة والمهمة في أي خطط تنموية مستقبلية، وهذا ما تعكسه التوقعات الإحصائية الاستشرافية والتي تركز على أن مصادر هذه الطاقة ينبغي أن تكون تحت النظر والدراسة في حال الرغبة في استمرار الحضارة المدنية بجميع أجزائها. تقسم هذه المصادر إلى تقليدية ومتجددة ولكن الاستهلاك الأكبر في الزمن الحالي هو للمصادر التقليدية والتي بطبيعتها غير قابلة للاستمرار، مما يحتم النظر في وسائل وبدائل أخرى من اجل استمرار التنمية. هناك سلبيات وايجابيات في كل نوع من هذه المصادر ولكن تبقى الطاقة المتجددة مصدراً مهماً ينبغي الاهتمام به مالياً وعلمياً للحصول على قصب السبق والريادة في هذا المجال العلمي الحيوي.



المراجع

1.**E. R. Laithwaite and L. L. freris**, "Electric Energy: its generation, transmission and use", McGRAW-HILL, UK, 1980.

2.**A. Lugue and S. Heqedus**, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", Wiley, 2003.

3.Wikipedia (for several topics), www.Wikipedia.org

4."Practical Wind and Solar Power-Renewable Energy Technology", by IDC Technologies.

5. Energy Information Administration, available on-line www.eia.doe.gov

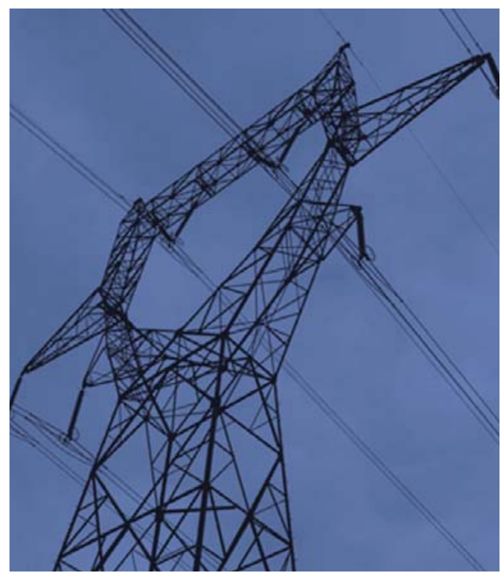
6. **P. Maycock and T. Bradford**, "PV Technology, Performance, and Cost", Prometheus Institute, 2007.

7. **F. Kreith and D. Yoqi Goswami**, "Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy", CRC, first edition, 2007.

8. Annual Statistical Booklet on Electricity Industry 2009, ECRA, Saudi Arabia.

شبكة التوزيع الكهربائي

د. محمد الصالح سميعي





تقوم شبكة التوزيع الكهربائي باستقبال القدرة الكهربائية مـن محطات التوليد عبر خطوط النقل؛ ليتم توزيعهـا بعد ذلك علـى المستهلكين، من خلال الموزعـات الهوائيـة والكابـلات الأرضيـة – بجهـد يتناسب مع أغراض الاستهلاك – من خلال محطات تحويل فرعية (Substations) تقوم بتحويل الجهود العالية إلى جهود متوسطة ومنخفضة.

يتم توزيع الطاقة الكهربائية على مرحلتين هما:

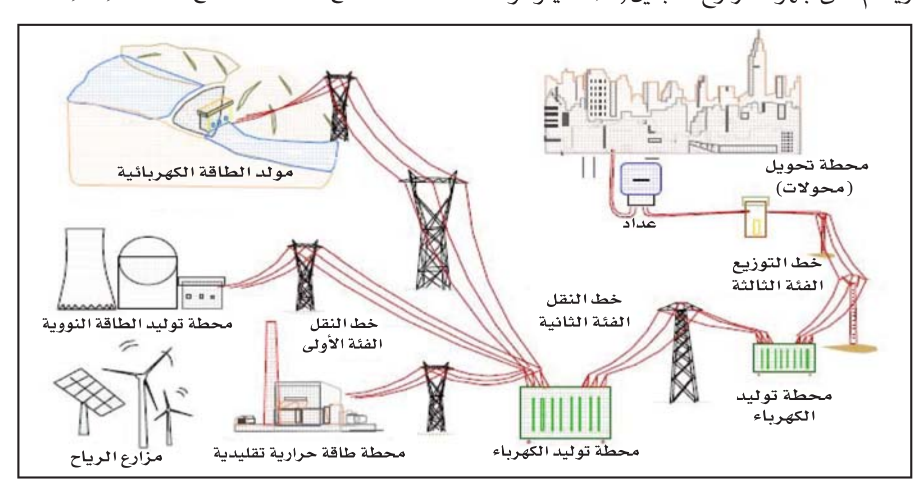
١-التوزيع الأولي (Primary Distribution):

ويتـم على جهود تتراوح ما بـين(٦,٦ كيلو فولت – ٣٣ كيلـو فولـت) بحسـب الجهـود القياسيـة المستخدمة في المنطقة.

٢-التوزيع الثانوي (Secondary Distribution):

ويتم على جهود الاستخـدام (١٠٠ – ٢٢٠ فولت) أو (٢٢٠- ٣٨٠ فولـت)، ويوضـح الشكل (١) مخططاً لمكونـات للشبكـة الكهربائيـة وتظهـر فيـه محطات التوليد، وشبكة النقل، وشبكة التوزيع.

من جانـب آخر ظهرت محطـات توليد خاصة مرتبطـة مـع شبكـة التوزيـع، تهـدف إلى إمـداد المشتركـين بالطاقة الكهربائيـة، وتصدير الفائض عـن الحاجة إلى شبكـة التوزيع، وتحتـاج مثل هذه المحطات إلى أجهزة للتحكم والحماية؛ لربطها مع شبكة التوزيع والتنسيق و مركز التحكم في الشبكة.



■ شكل (١) مخطط يوضح مكونات الشبكة الكهربائية.

مكونات شبكة التوزيع الكهربائي

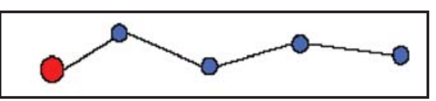
تحتـاج شبكـة التوزيـع إلى مجموعـة مـن الأجهـزة المختلفـة لتزويـد المشتركـين بالطاقة الكهربائيـة، مثـل: محطات التحويـل من الجهد المتوسـط إلى الجهد المنخفـض، بما تحتويها من محولات كهربائية، وقواطـع، ومصاهر، وأجهزة للحمايـة والتحكم. يتم توزيـع الكهرباء بواسطة موصـلات تحـت أرضيـة للتوزيـع داخـل المدن؛ نظراً لكثافة عـدد المشتركين، وأسلاك كهربائية على الأبـراج خارج المدن نظـراً لانخفاض كثافة المشتركين.

نظم التوزيع

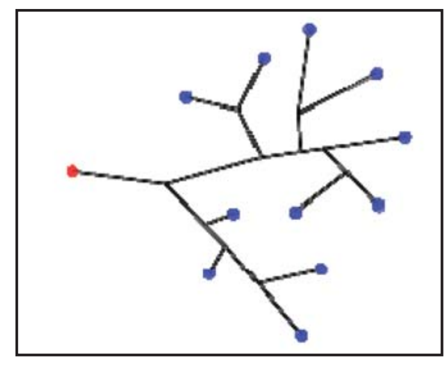
تنقسـم نظم توزيع الطاقة الكهربائية حسب التصميـم المناسـب للتوزيع علـى المشتركين إلى ثلاثة أنظمة هي:

● **نظام التوزيع الشعاعي**

تتدفـق الطاقـة في نظـام التوزيـع الشعاعي (Radial) مـن المحطـة الرئيسيـة (النقطـة الحمـراء) إلى محطـات التوزيـع (النقـاط الزرقـاء)، ومـن ثـم إلى المغذيـات (الخطـوط باللون الأسود) التـي تربط بين المحطات كما هو موضح في الشكل (٢)، وعند تفرع مغذيات أخرى مـن النقاط الزرقاء، فإن نظام التوزيع الشعاعي يصبـح مثـل الشجـرة، شـكل (٣)؛ حيث تمثل النقطة الحمراء محطة التحويل بين شبكة النقل للجهد العالي وشبكـة التوزيع للجهـد المتوسط، بينما تمثـل النقطة الزرقاء محطـة التوزيع من



■ شكل (٢) نظام التوزيع الشعاعي، خط أحادي لجهد التوزيع.



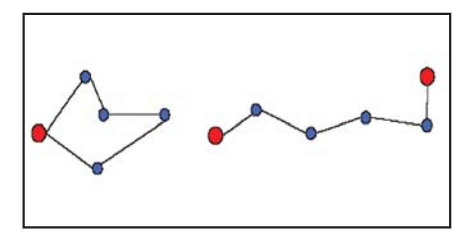
■ شكل (٣) نظام التوزيع الشعاعي للطاقة الكهربائية حسب نظام توزيع الشجرة.

الجهد المتوسط إلى الجهد المنخفض الذي يغذي المشتركين في الشبكة، أما الخطوط بين النقاط الحمراء والزرقاء فتمثل المغذيات التي تنقل و تربط بين المحطات.

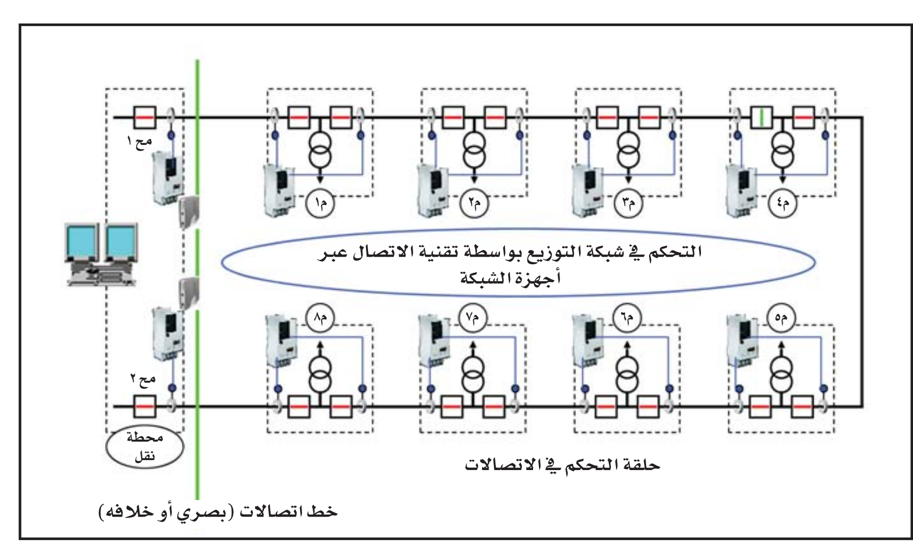
عند حدوث انقطاع في المغذيات؛ فإن تدفق الطاقة الكهربائية ينقطع عن المشترك؛ لأنه لا يوجد في نظام التوزيع الشعاعي خطوط بديلة، ولذلك يعد نظام التوزيع الشعاعي أبسط في التركيب وأقل تكلفة من النظم الأخرى، كما أنه يمتاز بسهولة تحديد الأعطال والتحكم في جهد التوزيع و تدفق الطاقة في الشبكة.

● نظام التوزيع الحلقي

يعد نظام التوزيع الحلقي (Ring) بمثابة تطوير لنظام التوزيع الشعاعي، ويمتاز عنه بتوفير مسار بديل للتغذية عند حدوث عطل في أحد المغذيات. وسمي بهذا الاسم لأن المغذي الرئيسي فيه يكوّن مساراً مغلقاً يبدأ من محطة التوزيع وينتهي فيها، أي أن نهايتي الموزع تكون داخل نفس المحطة. وفي هذه الحالة يتم إعادة إمداد المشترك بالطاقة، سواءً بتشغيل قواطع الطاقة الكهربائية في محطة التوزيع بطريقة يدوية أو بطريقة تحكم آلية. ويمثل الشكل (٤)



■ شكل (٤) نظام التوزيع الحلقي للطاقة الكهربائية .



■ شكل (٥) مخطط لشبكة توزيع تربط بين محطتين للنقل يتم التحكم فيها بواسطة تقنية الاتصال عبر أجهزة الشبكة.

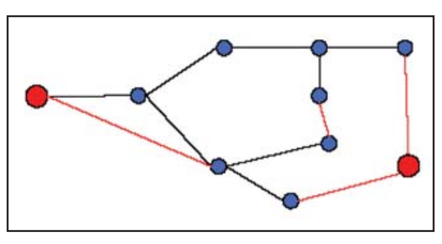
مخطط التوزيع الحلقي للطاقة، حيث تمثل النقطة الحمراء محطة التحويل من شبكة النقل للجهد العالي إلى شبكة التوزيع للجهد المتوسط. بينما تمثل النقطة الزرقاء محطة التحويل من شبكة التوزيع للجهد المتوسط إلى شبكة التوزيع للجهد المنخفض. ويوضح الشكل أيضاً حالتين لنظام التوزيع الحلقي، حيث يوضح الشكل الذي على اليمين نظام توزيع حلقي يربط بين محطتي نقل، بينما يوضح الشكل الذي على اليسار نظام توزيع حلقي لمحطة نقل واحدة.

تقوم تقنية الاتصالات بدور هام في عملية تشغيل شبكة النظام الحلقي، حيث تستخدم تقنية شبكة الاتصالات بالألياف البصرية، وتقنية الجوالات، وتقنية الأقمار الاصطناعية، ويوضح الشكل (٥) مخططاً لشبكة توزيع تربط بين محطتين للنقل يتم التحكم فيها بواسطة تقنية الاتصال عبر أجهزة الشبكة.

● نظام التوزيع الشبكي

يتم في نظام التوزيع الشبكي (Network) توصيل مجموعة من المغذيات معاً بين محطات النقل ومحطات التوزيع P لتأمين مسارات بديلة لإمداد المشترك بالطاقة في حالة حدوث أعطال على أحد المغذيات بين محطتين، ويجب أن يكون تصميم وتشغيل هذا النظام أكثر دقةً وتعقيداً، وذلك لتفادي إمداد المشترك بالطاقة من محطتين في نفس الوقت. ويوضح الشكل (٦) نظام التوزيع الشبكي.

يحتاج نظام التوزيع الشبكي إلى الدقة في جميع مراحله، بداية من مرحلة التصميم إلى تحديد المهام والوظائف التي سيقوم بتنفيذها، ولضمان الدقة في التحكم في نظام التوزيع الشبكي يتم تركيب وحدات طرفية في محطات التوزيع، وهي عبارة عن جهاز إلكتروني يقوم بالمراقبة المستمرة والتحكم في محطة التوزيع، كما يقوم بنقل البيانات التشغيلية إلى مركز التحكم في شبكة التوزيع. وتشمل البيانات التشغيلية حالتي الوصل والفصل لتدفق الطاقة الكهربائية، والتغيرات في الجهد والتيار، وتحديد مواضع الانقطاعات الكهربائية، وشبكة مسارات المغذيات البديلة؛ لتزويد المشترك بالطاقة في أسرع وقت ممكن وتقليل الفاقد من الطاقة.



■ شكل (٦) نظام التوزيع الشبكي للطاقة الكهربائية.

حماية شبكة التوزيع

تحتاج شبكة التوزيع الكهربائية إلى أجهزة مساعدة للتحكم، والحماية، وتنسيق التشغيل بين جميع أجزاء الشبكة ومركز التحكم، وهي كالتالي:

● **قاطع الدائرة الكهربائية**

يستعمل قاطع الدائرة الكهربائية في شبكة التوزيع للتحكم في تدفق التيار الكهربائي ولعزل أجزاء من الشبكة لغرض الصيانة، وأيضاً لإعادة توزيع تدفق التيار بعد حدوث عطل في أحد دوائر شبكة التوزيع. ويوضع قاطع الدائرة الكهربائية داخل خزانة معدنية لحمايته. ويستخدم الهواء، أو الغاز، أو الزيت لامتصاص القوس الكهربائي الناتج عن تشغيل القاطع، حيث يزود القاطع حالياً بغاز (SF_6)، وهو غاز خامل يعمل كمادة عازلة.

● **الوحدات الحلقية**

تتكون الوحدة الحلقية (Ring Main Unit - RMU) من مجموعة من القواطع الكهربائية تقوم بالربط بين كابلات الجهد المتوسط والمحولات الكهربائية، التي تقوم بخفض الجهد المتوسط إلى جهد منخفض؛ لإمداد المشتركين بالطاقة الكهربائية. ويتم تصميم الوحدة الحلقية للقيام بوظيفة إمداد المشتركين بالطاقة الكهربائية في جميع حالات الشبكة، مثل: حدوث عطل في شبكة المغذيات، و صيانة شبكة التوزيع. تستخدم الوحدات الحلقية - أيضاً - لتأمين المغذيات البديلة (الاحتياطية) لإمداد المشترك بالطاقة الكهربائية. ويتم حماية المغذيات والوحدات الحلقية بمجموعة من القواطع والمصاهر تركب في خزانة معدنية لسهولة نقلها وسرعة تركيبها في الموقع ولحمايتها من الظروف المحيطة، مثل: الغبار والرطوبة. ويوضح الشكل (٧) صورة من لجهاز الوحدة الحلقية.



■ شكل (٧) صورة لجهاز الوحدة الحلقية.

● **المصهر**

يستخدم المصهر (Fuse) لحماية الأجهزة في شبكة التوزيع الكهربائية من زيادة كمية التيار عن القيمة المحددة في الشبكة الكهربائية، ويحميها أيضاً في حالة حدوث تيار القصر. يتكون المصهر في أبسط صورة من: سلك معدني دقيق وقصير، مركب فيه حامل معزول قابل للانصهار في حالة حدوث زيادة في التيار عن القيمة المحددة، وبذلك تفتح الدائرة.

● **محولات الجهد المتوسط**

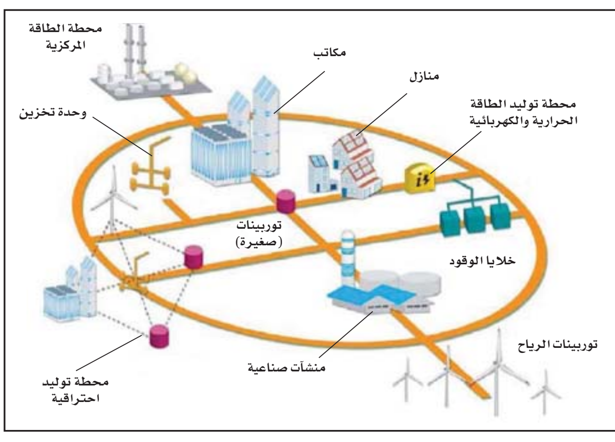
تقوم محولات الجهد المتوسط بالعزل الكهربائي بين الدائرة الكهربائية للملف الأولي والدائرة الكهربائية للملف الثانوي، وبالتالي توفر السلامة من الأخطار الكهربائية لمشغلي الأجهزة عند حدوث عطل لمادة العزل الكهربائي، كما أنها توفر الحماية للأجهزة ضد التعرض للجهود غير المناسبة عند حدوث أعطال على شبكة التوزيع. ويوضح الشكل (٨) صورة لمحول توزيع من الجهد المتوسط (١٣,٨ كيلو فولت) إلى الجهد المنخفض (٣٨٠ و ٢٢٠ و١١٠ فولت).

الشبكة الذكية للكهرباء

تعد الشبكة الذكية (Smart Grid) وسيلة المستقبل لتوزيع الطاقة الكهربائية، وسميت الشبكة الذكية بهذا الاسم لأنه يتم التحكم في تدفق الطاقة في الاتجاهين من الشبكة إلى المشترك، ومن المشترك إلى الشبكة الكهربائية. تستطيع الشبكة الذكية عبر استخدامها التقنية الرقمية توفير الطاقة، وتقليل التكلفة، فضلاً عن توليد الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والرياح، ولهذا قامت العديد من الحكومات مؤخراً بترويج هذا النوع من شبكات التوزيع. ويوضح شكل (٩) مخططاً لنموذج الشبكة الذكية.



■ شكل (٨) صورة لمحول توزيع الجهد المتوسط (١٣,٨ كيلو فولت) إلى الجهد المنخفض (٣٨٠ و ٢٢٠ و ١١٠ فولت).



■ شكل (٩) مخطط لنموذج الشبكة الذكية.

تحتاج الشبكة الذكية إلى تركيب أجهزة تحكم ومراقبة عند المشترك وفي محطات التوزيع؛ للتحكم والحماية الآلية لأجهزة شبكة التوزيع وأجهزة المشترك، بحيث يتم التحكم في تشغيلها عن بعد بواسطة الهاتف، أو الجوال، أو شبكة الألياف البصرية.

تهدف الشبكة الذكية إلى ما يلي:

١- إشراك الأفراد كجزء أساسي من الشبكة كمستهلكين، وأيضاً كموردين للكهرباء، بالإضافة إلى تمكين المستهلك من اختيار المصدر الذي يود شراء الكهرباء منه وعرض الثمن اللحظي للكيلو وات.

٢- استخدام المزيد من الطاقة الصديقة للبيئة.

٣- تقليل الاعتماد على توليد الكهرباء من محطات توليد الطاقة الكهربية.

٤- تقليل حوادث الانقطاع الكامل للكهرباء (Blackouts).

٥- زيادة سعة الشبكة وقدرتها على إمداد الكهرباء.

٦ تقليل الوقت اللازم لاستعادة الكهرباء عند حدوث الأعطال.

رجل المريخ

عالمنا لهذا العدد ظاهرة علمية، لفتت أنظار العالم، حيث استطاع أن يسجل اسمه في سجل العظماء، فعلى الرغم من صغر سنه، إلا أنه يعد واحداً من ٨ علماء في وكالة ناسا مهمتهم استكشاف المريخ، والتمهيد لنزول البشر عليه عام ٢٠٢٠م.

- **الاســم:** عصام بن محمد حجي
- **الجنسية:** مصري ويحمل الجنسية الأمريكية والفرنسية.
- **الميلاد والنشأة:** ولد عام ١٩٧٥م في مدينة طرابلس الليبية، وفيها تلقى تعليمه الابتدائي، ثم انتقل مع والده إلى تونس وحصل فيها على الإعدادية.

- **التعليم**

– ١٩٩٥م: بكالوريوس علم الفلك من جامعة القاهرة.

– ١٩٩٧م: ماجستير في علم الفضاء من جامعة باريس السادسة، وكان مشروعه التطبيقي حول استكشاف الماء على المريخ وفي المناطق القاحلة من الأرض.

– ٢٠٠٢م: دكتوراه بمرتبة الشرف في علم الفضاء من جامعة باريس السادسة، وكان موضوعه تطوير أداء الرادار الثاقب للأرض لاستكشاف الماء تحت سطح المريخ.

- **أعماله**

– ١٩٩٧م: معيد بكلية العلوم في جامعة القاهرة.

– ١٩٩٩م: باحث علمي مساعد في المركز القومي للبحوث بفرنسا والمتمثل في المرصد الفلكي ببوردو الفرنسية.

– ٢٠٠٣م: أستاذ مشارك في جامعة القاهرة، وحصل خلالها على منحة أبحاث ما بعد الدكتوراه في معهد القمر والكواكب بهيوستن – أمريكا.

– ٢٠٠٦م: أستاذ مشارك في معهد الفضاء الفرنسي.

– ٢٠٠٩م: خبير أجرام في معمل محركات الدفع الصاروخي النفاث بوكالة الفضاء الأمريكية ناسا، الذي يشرف على العديد من المهام العلمية لاكتشاف كواكب المجموعة الشمسية.

- **نشاطاته**

– شارك ضمن فريق علمي فرنسي لاكتشاف أكبر حقل للنيازك بالصحراء الغربية في مصر، باستخدام تقنية التصوير الراداري، الذي أكد وجود كميات كبيرة من المياه الجوفية في باطنه.

– قيادة الفريق العلمي في ناسا – بالتعاون مع مركز أبحاث الفضاء الأوربي – والمكلف بإنقاذ الأرض من اصطدام أحد الكويكبات المتوقع في عام ٢٠١٤م.

– المشاركة في أبحاث استكشاف الماء على المريخ، من خلال الفريق العلمي الذي عمل على تصميم وضع أجهزة التصوير الرادارية على المركبة الفضائية مارس اكسبريس، وتدريب رواد الفضاء عليها، بهدف التعامل مع طبيعة الصخور السطحية للكواكب أثناء عمليات الملاحة، وقد قدمت هذه الأجهزة صورة واضحة عن أماكن تواجد الماء والجليد على سطح القمر والمريخ.

– تقديم محاضرات في عدة دول مثل: ألمانيا، وإيطاليا، وإسبانيا، وهولندا، وأمريكا، والنمسا، واليابان، وذلك باعتباره مرجعاً علمياً في استكشاف سطح المريخ.

- **الجوائز**

– جائزة زكي عباد من جامعة القاهرة عام ١٩٩٧م.

– جائزة الأكاديمية الفرنسية للعلوم عام ٢٠٠٢م.

– جائزة ناسا لأبحاث جيولوجيا وجيوفيزيا الكواكب عامي ٢٠٠٤م، ٢٠٠٨م.

– جائزة ناسا لبرنامج أبحاث المريخ عام٢٠٠٦م.

– جائزة ناسا في أبحاث القمر والمريخ عام٢٠٠٧م.

– جائزة المركز الوطني الفرنسي للأبحاث العلمية المتميزة عام٢٠٠٨م.

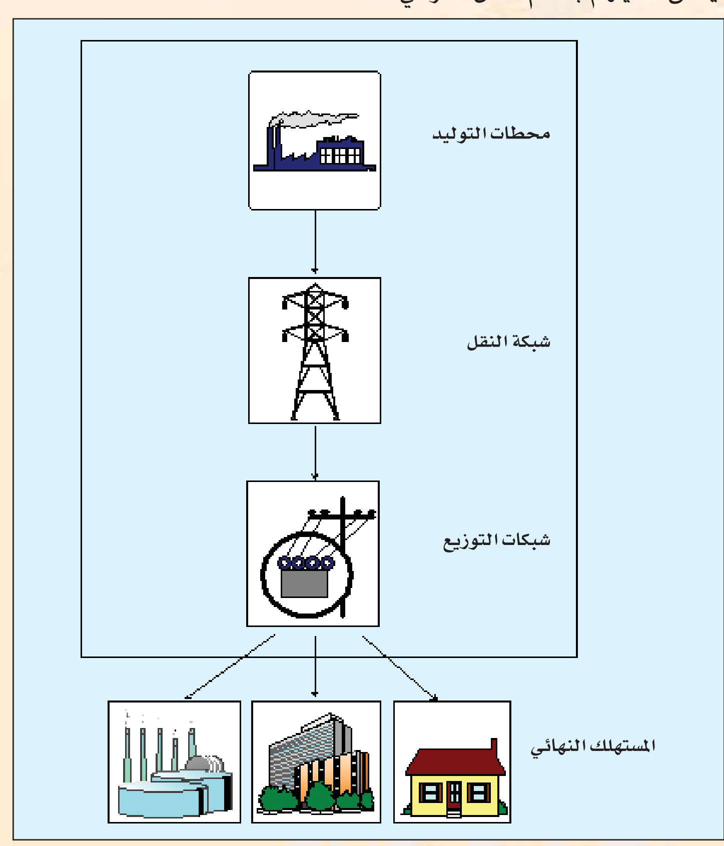
نظام النقل الكهربائي

د. ياسر التركي

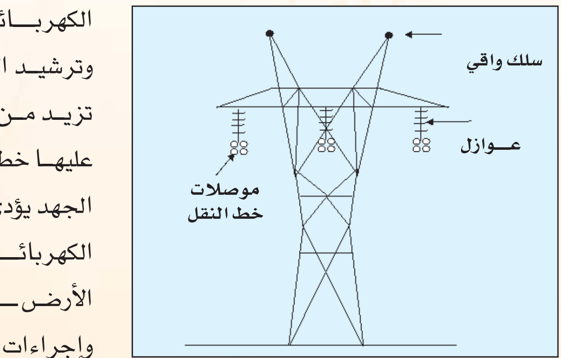
يمثل نظام النقل الكهربائي جزءاً كبيراً ومهماً من شبكة النظام الكهربائي، ويُعرف بأنه ذلك الجزء الذي يصل بين محطات التوليد وشبكات التوزيع، أو تلك التي تربط الأنظمة الكهربائية ببعضها من خلال خطوط الربط (Interconnector) التي توفر إمكانية نقل الطاقة الكهربائية في الظروف العادية أو الطارئة بجدوى اقتصادية مقبولة.

يتم نقل القدرة الكهربائية لمسافات بعيدة - عادة - من خلال خطوط نقل هوائية (غير معزولة) ذات جهدٍ عالٍ (High Voltage) - تسمى أيضاً خطوط الضغط العالي - بينما يمكن استخدام الكابل الأرضية المعزولة في المناطق المكتظة بالسكان.

تتكون خطوط الضغط العالي الهوائية من أبراج يتناسب حجمها وطولها مع قيمة الجهد الكهربائي، تحمل تلك الأبراج موصلات عارية، وعوازل لعزل الموصلات بعضها عن بعض وعن الأرض، شكل (١)، كما توجد أسلاك واقية تحجب خطوط النقل من تأثير الصواعق الكهربائية، حيث تقوم هذه الأسلاك بتفريغ الشحنات الكهربائية القادمة إلى الأرض من خلال جسم البرج، وتحمي خطوط النقل من ضررها، لتنتهي بمحطات فرعية تقوم بتخفيض الجهد إلى قيم أقل خلال رحلتها باتجاه الحمل (Demand or Load)، فيما يعرف بنظام النقل الفرعي (Subtransmission System). يمكن تغذية المستهلكين ذوي الأحمال الكبيرة جداً من نظام النقل مباشرة، أما المستهلكون ذوي الأحمال الكبيرة فيمكن تغذيتهم بنظام النقل الفرعي.



■ أجزاء النظام الكهربائي.



■ شكل (١) مكونات أبراج النقل.

يـتراوح جهد التوليد الكهربائـي ـ في العادة ـ مابـين ١١ إلى ٣٦ كيلوفولـت، ويعـد هذا الجهد منخفضـاً، بحيـث لا يمكـن استخدامــه للنقـل لمسافـات طويلـة، لـذا يتـم رفعـه مـن ١١٥ إلى ٧٦٥ كيلوفولـت بواسطــة محــــولات رافعـــة (Step-up transformers).

تقسـم جهـــود خطـوط النقـل ـ عـادة ـ إلى ثلاثـة أنـواع:

- الضغـط أو الجهد العالي (High Voltage-HV) ويتراوح مابين ١١٥ إلى ٢٣٠ كيلوفولت.

- الضغــط أو الجهــــد العالـــي الفائـــق (Extra High Voltage EHV) ويتراوح ما بين ٣٤٥ إلى ٧٦٥ كيلوفولت.

- الضغــط أو الجهــــد العالـي المتناهــــي (Ultra High Voltage-UHV) ويتراوح بين ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ كيلوفولت.

الجدير بالذكر أن أطوال شبكات نقل الطاقة في المملكـة تبلغ ٣٧,٩٨١ كلم دائـري بينمـا يبلـغ الجهد المستخـدم لنظام النقـل الكهربائي ٢٢٠ كيلوفولت و٣٨٠ كيلوفولت ـ أعلى جهـد مستخدم في المملكة ـ للنقـل الرئيس، أمـا نظـام النقـل الفرعـي فيبلغ الجهـد فيـه ٦٩ كيلوفولت و ١١٠ كيلوفولت و١٣٨ كيلوفولت.

يزداد ـ عادة ـ جهـد خط النقـل مع زيـادة القدرة المنقولـة والمسافـة اللازمة للوصـــول إلى نقطـة التوزيع، حيث تـؤدي زيادة الجهد إلى خفض القدرة المفقودة في خطـوط النقــل لكل وحـدة قـــدرة منقولــة ـ التناسـب عكسـي مـع مربـع الجهـد ـ والتقليل مـن تناقـص الجهـد الكهربـائـــي؛ ممـا يزيـد من كفـاءة النظام وترشيـد الطاقـة، كمـا أن زيادة السعـة الممكنة تزيـد مــن حجـم الاستفادة مـن الأرض المبني عليهـا خطـوط النقل. مـن جانب آخر فـإن رفع الجهد يؤدي إلى زيادة كلفة العزل ـ منعاً للتفريغ الكهربائـي بين الأسـلاك الموصلة أو بينها وبين الأرض ـ بالإضافـة إلى زيــادة كلفـة المحولات وإجراءات السلامة اللازمة.

مـن جانب آخـر هناك مـا يعـرف بظاهرة الهالـة (Corona)، وهي عبارة عــن تأين الهواء الملامس والمقـارب لسطـح موصـلات خطـوط النقـل؛ ممـا ينتـج عنه فقـد للقـدرة على طول الخـط، والتداخل مع موجات خطوط الاتصالات القريبـة، وتظهر الهالة بوضـوح عند قيم الجهد الفائـق، عندمـا تكـون خطـوط النقــل عبـارة عـن موصــل واحد لكل طـور من أطـوار نظام القدرة الكهربائـي، أمـا في حالة استخدام أكثر مـن موصــل لـكل طـــور مفصولة عـن بعضها بمسافـــات قصـــيرة مقارنـــة بالمسافات بين طـور وآخـر، فـإن هـذا التأثير يقـل بشكل ملحـوظ. ويعـرف خـط النقـل المكون من هذه المجموعـة مـــن الموصــلات المتوازيـة بخـط النقــل المتجمـع أو حزمة خط النقل (Bundle Conductor)، بحيث تتكـون الحزمـة الواحـدة من موصلـين، أو ثلاثـــة أو أربعـة، فتصمـم الموصــلات الثلاثــة عــادة علــى شكل مثلث متســاوي الأضــلاع، بينمـا تصمم الموصـلات الأربعــة على شكل مربع متساوي الأضلاع.

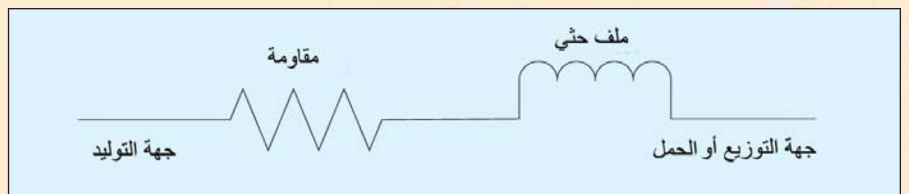

■ برج كهربائي يحمل موصلات.

خطـــوط النقـــل

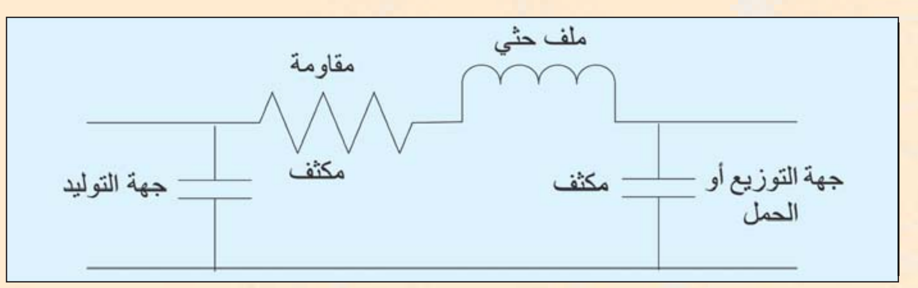
توجد هناك أربعة خطـوط يتولد عنها ـ عند قيامها بنقـل التيار الكهربائي ـ مجـالاً كهربائياً ومغناطيسيـاً، يمكـن تمثيلهـا رياضيـا بأربعـة مكونـات، هـي: مقاومـة (Resistance)، وملـف حثـي (Inductance)، وموصـل (Conductance)، ومكثـف (Capacitance). وتختلـف هذه الخطوط في صفاتها بحسب الطول وفقا لما يلي:

١- خطـوط قصـيرة (أقـل مـن ٨٠كلـم)، وفيه يشتمـل كامل خـط النقل لكل طور علـى مقاومة وملف حثي على التـوالي، حيث يقل تأثير المكثف على خصائص الخط. شكل (٢).

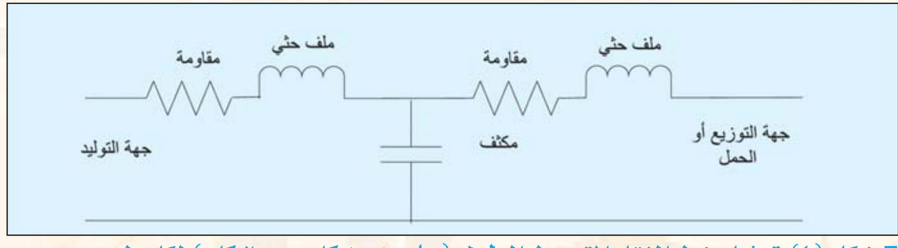
٢- خطوط متوسطـة الطول (مابين ٨٠ إلى ٢٥٠ كلم)، وفيه يشتمل كامل الخط على مقاومة وملف حثي واحد ومكثفين، شكل(٣)، أو على مقاومتين



■ شكل (٢) تمثيل خط النقل القصير (أقل من ٨٠ كلم) لكل طور.



■ شكل (٣) تمثيل خط النقل المتوسط الطول (ما بين ٨٠ كلم و ٢٥٠ كلم) لكل طور.



■ شكل (٤) تمثيل خط النقل المتوسط الطول (ما بين ٨٠ كلم و ٢٥٠ كلم) لكل طور.

وملفين حثيين ومكثف واحد. شكل (٤).

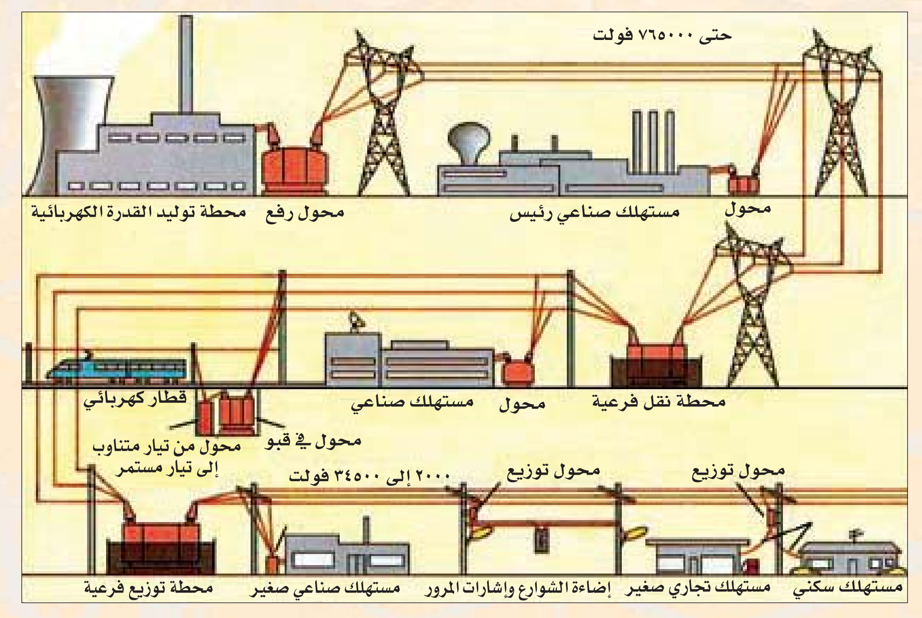
٣- خطوط طويلة (يتجاوز طولها ٢٥٠ كلم)، وفيه يتجزأ الخط إلى أجزاء صغيرة على طول الخط، يتكون كل جزء من مقاومة وملف حثي، حتى يعطي الدقة المقبولة. ويعاب على هذا النوع من الخطوط صعوبة الحسابات اللازمة مقارنة بالخطين السابقين.

● حماية خطوط النقل

يحتوي نظام القدرة الكهربائي - بأجزائه التوليد والنقل والتوزيع - الذي يمتد إلى مئات الكيلومترات على مئات الأجزاء والمعدات والأجهزة المرتبطة ببعضها، حيث تعمل هذه الأجهزة بترتيب وتناغم للحفاظ على سلامة وأمن النظام الكهربائي وضمان استمرارية تدفق الطاقة الكهربائية للمستهلكين. وبما أن نظاماً كهذا يكون باهظ التكاليف؛ فإنه يحتم وجود منظومة متكاملة لحماية أجزائه من التلف، وكذلك حماية المتعاملين معه من المهندسين والفنيين والمستهلكين، ولذلك فإن نظام القدرة الكهربائي مزود بأجهزة تستشعر أي خلل غير عادي في النظام وتقوم بعزل أصغر جزء ممكن من النظام، بما يقلل من آثار هذا الخلل.

من المعلوم أن كل جهاز كهربائي له قدرته على العمل ضمن قيم محددة من الجهد والتيار الكهربائي، كما أن خطوط النقل الكهربائي لها سعتها التي تستطيع أن تتحملها من التيار الكهربائي، وفي حال تجاوز هذه السعة فإن أجهزة الحماية تقوم بعزل ذلك الخط عن النظام لحمايته مع باقي أجزاء النظام من الضرر، وعلى الرغم من ذلك فقد تواصل القدرة الكهربائية رحلتها لنقاط معينة من خلال طرق بديلة؛ مما قد يشكل عبئاً إضافياً على هذه الخطوط البديلة، ويجعل بعضها يجاوز سعته أيضاً، فينتج عنه عزل جزء كبير من النظام - انقطاع الكهرباء - وهو ما يسمى بظاهرة الانتشار (Cascading).

تختلف معايير ومواصفات أمن النظام الكهربائي من بلد إلى آخر ومن مكان إلى آخر، من حيث استمرارية تدفق الكهرباء عند الفقد الكامل لأحد المولدات أو خطوط النقل أو أكثر، وهو ما يعبر عنه بمواصفة (n-1) أو (n-2)، ففي حين تتوفر أعلى درجات الحماية في الأماكن الاستراتيجية والمهمة كالمباني الحكومية المهمة والمستشفيات من خلال مصادر احتياطية للكهرباء في حال انقطاع التيار من الشبكة العامة لأي سبب، إلا أن فئات أخرى من المستهلكين قد تعاني بعض الانقطاعات من وقت لآخر.



■ مخطط يوضح توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية.

القدرة غير الفاعلة

تعد القدره غير الفاعلة (Inactive Power) إحدى الخدمات المساندة التي يحتاجها النظام لتوفير الحد الأدنى من أمن النظام واعتماديته (System Security and Reliability)، ويرمز لها عادة بالرمز (Q). ويكمن دور القدرة غير الفاعلة في المحافظة على قيم الجهد الكهربائي في النطاق المسموح به في كل أجزاء النظام الكهربائي، كمتطلب للوصول إلى نظام نقل آمن ذي اعتمادية مقبولة ومستمرة. تشير الدراسات إلى أن عدم توفر القدر الكافي من القدرة غير الفاعلة في النظام الكهربائي، كان أحد العوامل التي أدت إلى الانقطاعات الكهربائية الرئيسة حول العالم. بالإضافة إلى أهميتها البالغة في الظروف الطارئة، ومساهمتها في تقليل الفقد الكهربائي للنظام، ولذلك فإن توفر القدرة غير الفاعلة في أرجاء النظام الكهربائي يزيد من الكمية الأعلى التي يمكن للنظام أن ينقلها من القدرة الكهربائية إلى مكان آخر دون الإخلال بشروط قيم الجهد الكهربائي المطلوبة.

تقوم مكونات خطوط النقل الكهربائي - مثل المولدات والمكثفات - بإنتاج واستهلاك القدرة غير الفاعلة، ونظراً لوجود المكثفات على طول الخط وثبات قيمة الجهد الكهربائي - تقريباً - فإن كمية القدرة غير الفاعلة المنتجة تكون ثابتة، بينما تكون المستهلكة منها متغيرة بحسب كمية التيار المار. وفي حال تساوى الكمية المنتجة مع المستهلكة فإن هذه الحالة تسمى الحمل الطبيعي (Natural Loading). أما عند

زيادة القدرة غير الفاعلة في الشبكة الكهربائية فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الجهد الكهربائي، بينما يزيد نقصانها من فقد الجهد على طول الشبكة؛ مما يؤدي إلى نقصان جهد الاستقبال، وبالتالي يكون الحمل الكهربائي كبيراً، فإذا زاد ذلك النقص دون تعويض للقدرة غير الفاعلة فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى وصول الجهد إلى قيمة لا يمكن للنظام أن يبقى دون فصل، وهذا ما يفسر عادة الانقطاعات التي تحدث أوقات الذروة.

ويجب التنبيه إلى أن هذه الزيادة أو النقصان يجب ألا تخرج عن حدود ± ٥٪ من الجهد القياسي المطلوب (١٢٧ فولت مثلاً)، ولذلك لابد أن تزود الأنظمة بأجهزة كهربائية - مثل: المكثف المتزامن (Synchronous Condenser) - تكون من مهماتها تلبية حاجة النظام من القدرة غير الفاعلة سواء بالإنتاج عندما يحتاج النظام إلى مزيد منها، أو بالامتصاص عندما يكون هناك فائض منها، مع ملاحظة أن هذه الأجهزة ينبغي أن تكون قريبة من مكان حاجتها، حيث لا تستطيع القدرة غير الفاعلة. بخلاف تلك الفاعلة - من الانتقال لمسافات كهربائية كبيرة.

اقتصاديات النقل

فتحت خصخصة قطاع الكهرباء في العديد من دول العالم باب التنافس في قطاع التوليد والمزودين (المبيعات) للمستهلك النهائي، بينما بقي قطاع النقل محتكراً بطبيعته؛ وذلك لأنه قطاع ضخم تكون فيه الشركات الكبرى فقط هي الناجحة، وهو ما يعرف بمصطلح اقتصاديات



■ موصلات نقل التيار.

ذات الحجم (Economies of Scale). بالإضافة إلى ذلك فإن تشغيل وأمن قطاع النقل الكهربائي يتطلب أن يكون تحت مظلة شركة واحدة، أما قطاع التوزيع - مثلاً - فإن كل منطقة تكون تحت مشغل واحد؛ لضمان كفاءة تشغيل النظام وسلامته.

يعد المشغل المستقل (Independent System Operator- ISO) من اللاعبين الرئيسين في سوق الطاقة الكهربائي، حيث يتولى تشغيل قطاع النقل بشكل فعال وعادل دون تمييز بين المستفيدين، مراعياً أمن النظام الكهربائي واعتماديته، بالإضافة إلى التنسيق بين أنشطة القطاعات المختلفة من التوليد والتوزيع، ولذلك يشترط ألا يكون له أي أنشطة تجارية أخرى من بيع أو شراء للطاقة الكهربائية، فمثلاً قد يكون المشغل والمالك لقطاع النقل واحداً في الأصل - كما هو الحال في المملكة المتحدة - ولكن يجب في هذه الحالة الفصل بينهما، بحيث يكون المشغل مستقلاً عن المالك في عمله وقراراته، وفي المقابل يمكن أن يكون المشغل مختلفاً عن المالك، كما هو الحال في كثير من أسواق الطاقة الكهربائية الأخرى.

هنالك الكثير من التحديات التي تواجه تشغيل قطاع النقل في ظل سوق الطاقة الكهربائي، منها:

١- آلية تسعير استخدام النظام لأنواع كثيرة من التعاقدات بين البائعين والمشترين للطاقة الكهربائية، والذي يمثل قطاع النقل الوسيط المادي الذي يتم من خلاله نقل القدرة الكهربائية من المزود للمستفيد، مع الأخذ بالاعتبار أن القدرة قد تسلك طرقاً عدة لا يمكن تتبعها عند وصولها للمستفيد.

٢- إدارة الشبكة من الناحية الاقتصادية عندما يكون هناك حالات طارئة أو اختناقات بسبب وصول بعض خطوط النقل للحد الأعلى من قدرتها على نقل القدرة الكهربائية، وتحديد المستفيد والمسبب لهذه الاختناقات، ومن ثم توزيع التكلفة الناتجة في هذه الحالات، بالإضافة إلى دراسة أنواع العقود وتقييم نوعية الخدمات المقدمة من مشغل النظام.



■ خطوط نقل هوائية.

٣- ضرورة أن يصل الاستثمار في قطاع النقل للمستوى التنافسي الأمثل في سوق الطاقة الكهربائية من خلال إنشاء وتوسعة خطوط نقل جديدة.

المراجع:

- التقرير السنوي للشركة السعودية للكهرباء ٢٠٠٧م.
-**W. D. Stevenson,** Elements of Power System Analysis. Singapore: McGraw Hill, 1982.
-**Al-Arainy, N. Malik, S. Al-Ghuwainem,** Fundamentals of Electrical Power Engineering. King Saud University: Academic Publishing & Press, 2007.
-**D. Kirschen and G. Strbac,** Fundamentals of Power System Economics.Chichester, UK: Jhon Wiley & Sons Ltd, 2004.
-**S. Stoft,** Power System Economics Designing Markets for Electricity. NJ, USA: IEEE Press, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc, 2002.
-**M. El-Hawary,** Electrical Energy Systems. USA: CRC Press LLC, 2000.
-**S. Hunt,** Making Competition Work in Electricity. NY: John Wiley & Sons, Inc, 2002.
-http://www.nationalgrid.com/uk /
-http://www.ofgem.gov.uk/
-http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
-www.howstuffworks.com

الكابلات الكهربائية

د. محمد نبيه الساعاتي



تعد الكابلات الكهربائية جزءاً مهما من مكونات الشبكة الكهربائية، حيث إنها تستخدم كوسائط لنقل الطاقة من المولدات الكهربائية (المنبع)، وتوزيعها على الأحمال المختلفة، سواء أكانت أحمالاً منزلية أم صناعية،حيث يتغير تركيب الكابل وشكله ومساحة مقطعه طبقاً لكمية الطاقة الكهربائية المطلوب نقلها وتوصيلها.

يتركب الكابل بصفة أساس من موصل لنقل الطاقة، وعازل لحجب الموصل (القلب) عن الوسط المحيط به، والحفاظ على الطاقة، وضمان وصولها إلى المستهلك، إضافة إلى أجزاء أخرى لحمايته. يتكون الكابل إما من قلب واحد (أحادي الطور) أو قلبين أو ثلاثة قلوب طبقاً لنوع الشبكة الكهربائية والحمل المطلوب توصيله، أو من عدة قلوب كما في كابلات التحكم، أو قد يكون الكابل مختلط القلوب ليؤدي وظيفتي نقل الطاقة وإشارات التحكم.

أنواع الكابلات الكهربائية

تنقسم كابلات نقل الطاقة الكهربائية إلى نوعين أساسين هما:

● الكابلات الهوائية

تتكون الكابلات الهوائية من موصلات غير مغلفة (عارية)، مصنوعة بصفة أساس من الألمنيوم وخلائطه، بمستويات جهد مختلفة - منخفضة، متوسطة، وعالية، وفائقة- طبقاً لقدرة النقل المطلوبة منها، ويتم حملها على أبراج معدنية بواسطة عوازل من البورسلان أو الزجاج أو عوازل بوليمرية. تتميز الكابلات الهوائية - مقارنة بالكابلات الأرضية - بقلة تكلفتها، وسهولة صيانتها، وإمكانية زيادة عددها، و تغيير وضعها، وسهولة اكتشاف أعطالها وإمكانية إصلاحها، إلا إنه من عيوبها تأثرها بالظواهر الجوية كالمطر والجليد والصواعق، كما أنها غير آمنة لعدم تغليفها وعزلها في كثير من الأحيان. تستخدم الكابلات الهوائية -غالباً- في نقل الطاقة بين المدن حيث تمر في الأماكن غير المأهولة بالسكان، أو توزيع الكهرباء في المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة في القرى والهجر، وفي هذه الحالة يفضل أن يكون الموصل معزولاً وذلك لحماية المواطنين من خطر الصدمات الكهربائية.

● الكابلات الأرضية

تتكون الكابلات الأرضية من موصلات مغلفة بعوازل لحمايتها من الكسر، والمؤثرات الخارجية كالرطوبة والأملاح، وتستخدم لنقل الطاقة الكهربائية في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية كالمدن والقرى.

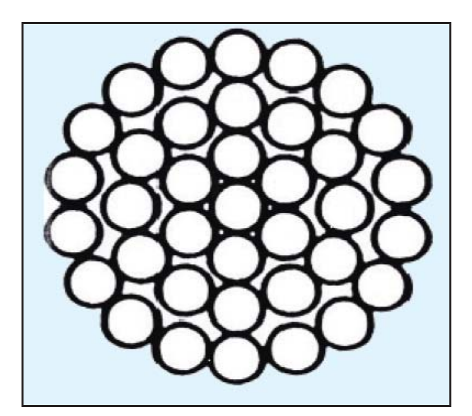
يتكون الكابل الأرضي من الأجزاء التالية:

■ **الموصل (القلب)**: ويقوم بنقل التيار الكهربائي في الكابلات من المولدات إلى أماكن الاستهلاك، وتزيد مقدرته على نقل التيار عند زيادة مساحة مقطعه لوجود علاقة شبه طردية بينهما. يتم تصنيع الموصل من معادن عالية التوصيل للكهرباء مثل النحاس والألمنيوم، حيث يتم الخيار بينهما تقنياً واقتصادياً طبقاً لنوع الكابل واستخداماته. وعلى الرغم من أن موصلات النحاس تتميز بجودة خواصها الكهربائية والميكانيكية والكيميائية، وناقليتها التي تفوق الألمنيوم بأكثر من ٦٠٪، إلا أن موصلات الألمنيوم تتميز بخفة وزنها (الوزن النوعي للنحاس ٨،٨٩ جم/سم٣، والألمنيوم ٢،٧٣ جم/سم٣)، وانخفاض سعرها - مقارنة بموصلات النحاس - لنفس شدة التيار.

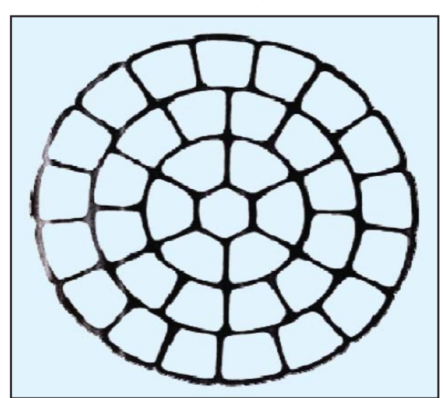
يتم إنتاج الموصلات - طبقاً لدرجة المرونة المطلوبة للكابل واستخداماته المختلفة - على عدة أشكال منها:

- **مصمتة**: وتتألف من وحدة كاملة، تكون صلبة في المقاسات الكبيرة، ومقبولة المرونة في المقاسات الصغيرة (٦ مم٢ أو أقل). تستعمل الموصلات المصمتة في كابلات وأسلاك التركيبات الثابتة التي لا تتطلب مرونة عالية أثناء المد. وتتميز هذه الموصلات بقلة تكلفتها حيث إنها تمر بمرحلة تصنيعية واحدة.

- **المجدولة**: وتتكون من عدة أسلاك ملفوفة بعضها على بعض، ويتوقف عدد الأسلاك وقطرها على المرونة المطلوبة من الكابل، فهناك الموصلات المجدولة التي تستخدم للكابلات ذات التركيبات الثابتة - تتطلب مرونة متوسطة أثناء التمديدات - وهناك الموصلات التي تستخدم في الكابلات المتحركة ذات المرونة العالية، مثل كابلات



■ موصل مجدول دائري.

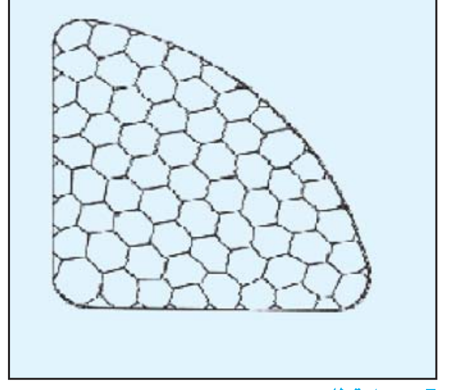


■ موصل دائري مضغوط.

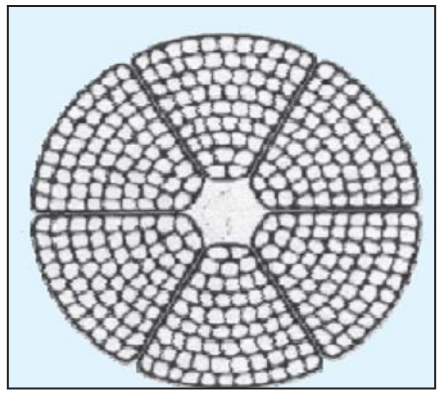
المصاعد والرافعات وكابلات المناجم... الخ .

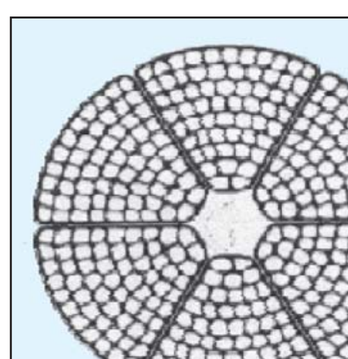
- **مجدولة مضغوطة**: وهي نفس الموصلات المجدولة إلا أنها مضغوطة لتصغير حيزها الحجمي، مما يؤدي إلى قلة حجم الكابلات، وبالتالي قلة تكلفتها. كما يتم ضغط الكابل ليكون أكثر دائرية مما يساعد على انتظام المجال الكهربائي- بشكل واضح - لكابلات الضغط المتوسط والعالي.

- **قطاعية**: وهي موصلات إما مصمتة أو مجدولة مضغوطة بشكل قطاعي بحيث تعطي الشكل الدائري للكابل عند تجميع قلوب الأطوار المختلفة المعزولة ضمن الكابل الواحد. تستعمل هذه الموصلات في كابلات الضغط المنخفض.



■ موصل قطاعي.





■ موصل ميليكان.

- **ميليكان**: وتتألف من مجموعة موصلات قطاعية (Segmented) متساوية مجدولة ومضغوطة لإعطاء الموصل الشكل الدائري، ويتم فصل هذه القطاعات بعضها عن بعض بشرائط رقيقة غير موصلة، وذلك للتخفيف من الظاهرة القشرية (Skin effect) – زيادة كثافة التيار الكهربائي في الطبقات الخارجية للموصل مقارنة بالطبقات الداخلية – التي تسبب ارتفاعاً في مقاومة الموصل للتيار المتناوب. تستخدم موصلات ميليكان – عادة – في الموصلات ذات المقاطع الكبيرة التي تصل إلى ١٠٠٠مم٢ أو أكثر، وفي بعض الحالات تكون هذه الموصلات مجوفة القلب، وذلك لتسهيل مرور الزيت في الكابلات المعزولة بالورق المشرب بالزيت.

■ **العازل**: ويقوم بعزل الموصل كهربائياً عن الأرض وعن الأطوار الأخرى في الكابل بحيث يمنع تسرب الشحنة الكهربائية بين كل طور وآخر وبين الأطوار والأرضي (الحيادي).

يعد العازل من أهم مكونات الكابل، ويجب المحافظة عليه من التأثيرات الخارجية خصوصاً الميكانيكية، حيث إن أي خدش فيه يؤدي إلى تلفه سواءً على المدى الطويل أو القصير طبقا لحجم وشكل التلف الناتج.

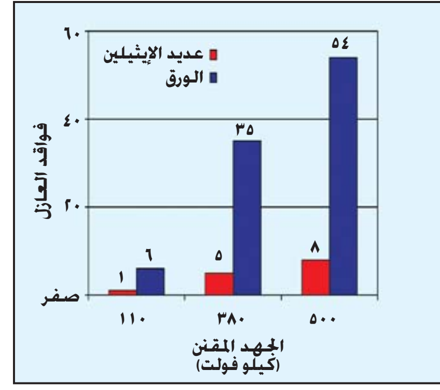
تم استعمال الورق النقي ورقائق عديد البروبولين المشربين بالزيت كعازل لموصلات الكابلات، ولا زالت تستخدم هذه العوازل حتى الآن في كابلات الجهد الفائق، إلا أنه نتيجة لتقدم صناعة البلاستيك وتعدد أنواعه، فقد تم استخدام بعض مركباته كعوازل. بدلا من الورق المشرب بالزيت. من أهمها ما يلي:

- **عديد كلوريد الفينيل** (Polyviny chloride - PVC): ويتميز بمرونته النسبية، وصعوبة احتراقه، إلا أن من عيوبه انبعاث الغازات السامة عند احتراقه مسبباً أضراراً بالغة للمتواجدين في المباني والمنشآت، فضلاً عن تكون حامض الكلور مع مياه إطفاء الحرائق؛ مما يوثر تأثيراً كبيراً على سلامة المباني بعد إخماد الحريق.

- **عديد الإيثيلين المتشابك عرضياً (Cross linked polyethylene - XLPE)**: و يكثر استخدامه في معظم الكابلات بداية من كابلات الضغط المنخفض إلى الجهد الفائق، ويتميز بالخصائص التالية:

- أسعار مناسبة.
- مقاومة عزل عالية.
- جهد انهيار (Voltage break down) عالي، أي أنه لايفقد خواصه كعازل كهربائي إلا عند الجهود الكهربائية العالية.
- خصائص كهربائية جيدة.
- مقاوم للتشوه عند درجات الحرارة العالية.
- مرونة كافية لسهولة حركة وتركيب الكابل.
- تحمل درجات حرارة عالية (٢٥٠°م/س لمدة قصوى ٥ ثوان) في التشغيل العادي والطارئ، وعند إغلاق الدائرة الكهربائية مباشرة (حالات القصر).
- يمكن تشغيله بصفة مستمرة عند درجة حرارة قصوى ٩٠ °م (درجة الحرارة المقننة – Rated temperature).
- انخفاض الزاوية بين التيار السعوي (Capactive current)، والتيار المتسرب (Conductive current) – زاوية الفقد (Tangent delta)– لهذا العازل (٢-٨×١٠-٤) مقارنة بزاوية الفقد للكابلات المعزولة بالورق للجهود العالية والفائقة (١٥-٣٠×١٠-٤)، حيث إنه كلما قلت قيمة التيار المتسرب في المادة العازلة، كانت خواص

■ التشابك العرضي لجزيئات عديد الايثلين.



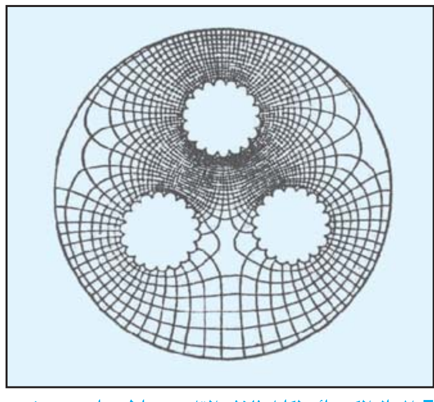
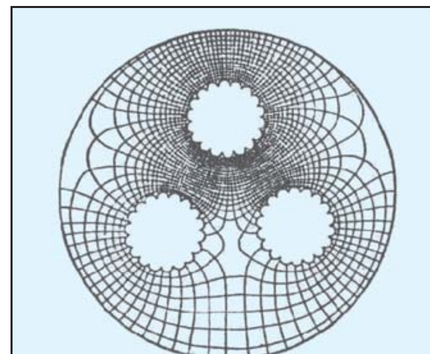
شكل (١) العلاقة بين فواقد العزل والجهد المقنن.

العزل فيها أفضل. ويوضح الشكل (١) العلاقة بين فواقد العزل والجهد المقنن لكل من الكابلات المعزولة بالورق، والكابلات المعزولة بعديد الإيثيلين.

–انخفاض سماحيته النسبية (٢،٣) مقارنة بالكابلات المعزولة بالورق (٣،٧-٣،٨)؛ مما يقلل بشكل كبير من التيار السعوي في الشبكة والذي يسبب فقداً إضافياً وأحمالاً وهمية ترهق الشبكة دون فائدة. وتعرف السماحية النسبية بأنها النسبة بين السعة الكهربائية لمكثف في وجود مادة عازلة بداخله إلى سعته في الفراغ.

– مطاط إيثيلين بروبلين (Ethylene propylene rubber - EPR): ويتميز بمرونته العالية، وتحمله للمعاملة الخشنة والحرارة، وقابليته لتحمل البيئات شديدة الرطوبة، لذا فإنه يستخدم في الكابلات ذات المرونة العالية، مثل كابلات: المصاعد، والمناجم، والمضخات الغاطسة في الآبار الجوفية، إلا أن من عيوبه ارتفاع زاوية الفقد، مما يحد من استعماله في كابلات الضغط العالي والفائق.

■ **الحاجب المعدني:** ويتكون من شرائط أو أسلاك من النحاس أو الألمنيوم تحيط بالكابل كاملاً أو ببعض أجزائه، ويستخدم في حجب التأثير الكهربائي لكابلات الضغط المنخفض عن الكابلات المجاورة، وخصوصاً كابلات الهاتف والمعلومات، بينما يستخدم الحاجب لتنظيم المجال الكهربائي في عوازل كابلات الضغط المتوسط والعالي، وكذلك حمل التيار السعوي، و تيار القصر الأرضي عند الأعطال الكهربائية. يفضل استعمال أسلاك النحاس كحاجب معدني في كابلات الضغط المتوسط؛ لأنها أكثر مرونة وتستوعب تمدد الكابل وتقلصه عند تعرضه للدورات الحرارية (Heat cycles) – ارتفاعاً وانخفاضاً – أثناء التشغيل الطبيعي، وأثناء حالات التشغيل الطارئة – تسمح بوصول حرارة موصل الكابل إلى ١٣٠ °م لكابلات الضغط

المجال الكهربائي لكابل ثلاثي القلوب محاط بحاجب معدني.

المتوسط و ١٠٥ °م لكابلات الضغط العالي – عكس الشرائط المعدنية التي قد تسبب تلفاً بالغاً للكابل خصوصاً عند الأحمال العالية ما لم تتخذ إجراءات وقائية للحد من هذه الظاهرة.

يحتاج الحاجب المعدني في كابلات الجهد المتوسط والعالي إلى جزء مهم ومكمل له، وهو الطبقة شبه الموصلة التي تحيط بالعازل من طرفيه الملامسين للمعدن سواء الموصل أو الحاجب نفسه، وتتمثل فائدتها فيما يلي:

١– تنعيم مناطق الالتقاء بين العازل والطبقات الموصلة، مما يقلل من الإجهادات الكهربائية عند هذه المساحة البينية.

٢– إلغاء الفراغات في المساحات البينية – بين العازل والأجزاء المعدنية – لأنها قد تؤدي إلى تفريغ جزئي مسببا تلف العازل وانهياره لاحقاً.

٣– تأمين التصاق تام بين العازل والموصل لمنع أي فصل بينها عند تعرض الكابل للاجهادات الميكانيكية الناتجة عن انحنائه أو تحريكه أثناء المناولة أو التركيب والمد.

٤– عدم حدوث فصل عند دورات التحميل، حيث تتمدد أجزاء الكابل وتتقلص كجزء واحد تبعاً للحرارة الناتجة عن شدة التيار.

■ **طبقات الحماية:** وتتكون من ثلاثة أجزاء هي:

١– **الغلاف الداخلي:** ويتكون من طبقة بلاستيكية مصنوعة إما من عديد كلوريد الفنيل (PVC)، أو عديد الإيثيلين (PE)، أو بوليمرات أخرى مثل: (EVA/EEA) – أو المطاط ... إلخ. يمثل الغلاف الداخلي مخدة تفصل بين العازل أو قلب الكابل والدرع المعدني إن وجد، ويقوم بالمهام التالية:

– الحماية الميكانيكية الأولية للكابل.

– تحمل درجة الحرارة المقننة للكابل.

– ملائمة المواد المصنوع منها للمواد الأخرى الداخلة في تركيب الكابل بحيث لا يحدث أي تأثيرات كيميائية بينهما.

– مساعدة الغلاف الخارجي للكابل في منع دخول الرطوبة إلى الموصل.

– غلاف فاصل للحاجب المعدني عن الدرع لاختلاف نوعية معدنيهما لتجنب ظاهرة الغلفنة عند وجود الرطوبة التي تؤدي إلى تآكل المعدن.

٢– **الدرع:** ويعمل على حماية الكابل من الضربات الميكانيكية التي قد يتعرض لها خلال المد أو بعد التركيب، إلا أنه – بسبب استعمال أدوات الحفر الحديثة – أصبح الدرع غير فعال كما كان سابقاً، ومع ذلك فإنه لايزال يستعمل في بعض الاستخدامات خصوصاً في كابلات الجهد المتوسط.

يتألف الدرع إما من أسلاك أو شرائط من الحديد أو الألمنيوم، ويمكن توضيح الفرق بينهما كما يلي:

(أ)– **الشرائط المعدنية:** وتتميز بما يلي:

– أكثر حماية ضد أدوات الحفر أو الأشياء المدببة التي قد تسقط على الكابل.

– خفيفة الوزن نسبياً.

– قلة مساحة مقطعها، وبالتالي قلة تكلفتها، إلا إنها أقل ناقليه؛ عند استخدام الدرع كجزء لحمل التيار العطل .

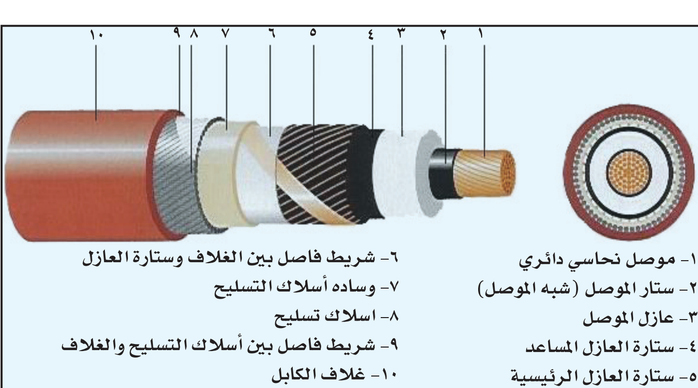
(ب)– **الأسلاك المعدنية:** وتعد أكثر وزناً وتكلفة من الشرائط المعدنية إلا إنها تتميز بما يلي:

– أكثر حماية ميكانيكية للكابل.

– أكثر مرونة.

– تعطي الكابل قوة شد أكبر أثناء التركيب، كما يمكن استخدامها – في بعض الأحيان – كموصل حماية أرضي أو مساعد له.

– مساحة مقطعها أكبر، وبالتالي أعلى ناقليه مما يمكن من استعمال الدرع لحمل تيار العطل جزئياً أو كلياً.



مكونات الكابل الكهربائي الأرضي.

٣- الغلاف الخارجي: وهو الطبقة الخارجية للكابل، والأولى في الدفاع عنه ضد المؤثرات الخارجية من الرطوبة والأملاح، والمركبات الكيميائية الموجودة في الأرض، والاجهادات الميكانيكية التي تحدث أثناء المناولة، والمد، وأثناء عمله الطبيعي.

يصنع الغلاف الخارجي من عدة مواد منها ما يلي:

- عديد كلوريد الفنيل (PVC): ويتميز بمرونته وصعوبة احتراقه.
- عديد الإيثيلين (PE) بأنواعه منخفض الكثافة (LDPE)، ومتوسط الكثافة (MDPE)، وعالي الكثافة (HDPE). الجدير بالذكر أنه كلما زادت كثافة عديد الإيثلين ازدادت صلادته، وقساوته، ومقاومته للمواد الكيميائية، وعلى العكس من ذلك تقل مرونته، ونفاذيته للغازات، ومتانته، ومقاومته للصدمات.

يتم اختيار مادة الغلاف الخارجي طبقا لنوعية استعمال الكابل واستثماره، فعلى سبيل المثال يجب أن تتميز الكابلات الهوائية (غير المدفونه) بخاصية تأخير انتشار الحريق، كما أنه عند تركيبها ضمن المناطق المأهولة بالسكان – مثل: المدارس، والجامعات، والمستشفيات، والفنادق والمطارات – يكون الحريق الناتج عنها قليل الدخان، ولا يحتوي على غازات سامة، وذلك لتسهيل عملية إخلاء المواطنين.

دور الكابلات في نقل الطاقة

يقوم الكابل بشكل رئيس بنقل الطاقة الكهربائية عن طريق نقل الجهد والتيار إلى النقطة المطلوبة، حيث يتم نقل الجهد بعزل الكابل عن الوسط المحيط به طبقاً للمواصفات المعتمدة، بينما يتم نقل التيار عن طريق الموصل (قلب الكابل). عند مرور تيار شدته (I) في الموصل – ونتيجة لمقاومته الكهربائية (R) – ينتج عن ذلك فاقد في جهده مقداره (I^2R) على شكل طاقة حرارية ترفع درجة حرارته، كما تساهم الفواقد الأخرى في الكابل – في رفع درجة حرارة الموصل – مثل الفاقد في العازل، والفاقد في الطبقات المعدنية الأخرى نتيجة المجال المغناطيسي المتغير الناتج عن حركة التيار الأصلي في الموصل.

يشترط في شدة التيار المار في موصل الكابل وجود توازن بين الفواقد المختلفة في الكابل والقدرة المسربة للوسط المحيط به، أي ما يعرف بالتيار المقنن (Rated current) وانطلاقا من معادلة انتشار القدرة البسيطة، نجد أن شدة تيار الكابل (I) تكون حسب المعادلة:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0.5 T_1 + n (T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1+\lambda_1) T_2 + nR(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3+T_4)} \right]^{0.5}$$

حيث:

I: A شدة التيار

K: $\Delta\theta$ ارتفاع درجة حرارة الموصل فوق الوسط المحيط

N عدد القلوب

Ω/m : R مقاومة الموصل للتيار المتناوب عند درجة حرارة التشغيل النظامي

W_d الفاقد في عازل الكابل

λ_1 نسبة الفاقد في الحاجب إلى الفاقد في الموصل

λ_2 نسبة الفاقد في الدرع منسوب إلى الفاقد في الموصل.

$K.m/W$: T_1 المقاومة الحرارية بين الموصل والحاجب.

$K.m/W$: T_2 المقاومة الحرارية للطبقات بين الحاجب والدرع.

$K.m/W$: T_3 المقاومة الحرارية للغلاف الخارجي.

$K.m/W$: T_4 المقاومة الحراية للوسط المحيط بالكابل.

يتضح من المعادلة السابقة أن حمولة الكابل للتيار الكهربائي تتأثر بعدة عوامل هي :

- **خصائص الكابل**

تؤثر خصائص الكابل على قدرته على حمل التيار الكهربائي كما يلي:

١- تزداد قدرته بزيادة درجة حرارة تحمل العزل عند التشغيل النظامي، حيث تزداد قيمة ($\Delta\theta$).

٢- تقل قدرته بزيادة مقاومة الموصل الكهربائية أي نقص مساحة مقطعه.

٣- تقل قدرته بزيادة المقاومة الحرارية لطبقات الكابل – العازل والغلاف الداخلي والخارجي – إلا أن مجموع المقاومات الحرارية لطبقات الكابل تعد صغيرة إذا ما قورنت بالمقاومة الحرارية للوسط المحيط ، وبالتالي يكون تأثير هذه الطبقات ليس كبيراً على قدرة الكابل على حمل التيار .

٤- تقل شدة التيار بزيادة الفاقد في الطبقات المعدنية للحاجب والدرع . خصوصاً عند تأريض الأجزاء المعدنية من طرفي الكابل، مما يسبب نشوء تيارات دوارة مع الأرض الوسط المحيط .

٥- يؤثر الوسط المحيط في قدرة الكابل على حمل التيار، حيث تقل قدرته بزيادة درجة حرارة الأرض، ومن ثم تنقص قيمة ($\Delta\theta$) ، كما تقل قدرته بزيادة المقاومة الحرارية النوعية (ρ_{th}) للأرض.

- **عوامل التركيب**

تتأثر قدرة الكابل على حمل التيار الكهربائي بعوامل تركيبه وذلك كما يلي:

- تقل قدرته بزيادة العمق الذي يتم دفن الكابل عنده، حيث تزداد المقاومة الحرارية للوسط الخارجي المحيط بالكابل كلما زاد عمق الدفن.

إذ إن المقاومة الحرارية للوسط المحيط بالكابل (T_4) تكون حسب المعادلة التالية:

$$T_4 = \frac{\rho_{th}}{2\pi} \ln\left(\frac{4h}{D_e} - 1\right)$$

حيث :

$K.m/W$: T_4 المقاومة الحرارية للأرض.

$K.m/W$: ρ_{th} المقاومة الحرارية النوعية للأرض.

m : h عمق الدفن.

m : De قطر الكابل الخارجي.

- تزداد قدرته بزيادة التباعد بين أطوار الكابلات – كابلات أحادية الطور– وذلك لنقص التأثير الحراري بين الأطوار بفرض أن الحاجب مؤرض من جهة واحدة.
- تقل قدرته بزيادة وجود مصادر حرارية قريبة منه مثل الكابلات المحملة، وهذا ما يعبر عنه بمعامل التجميع، والذي يجب الانتباه له جيداً أثناء تمديد الكابلات، حيث إن قدرة الكابل على حمل التيار تقل تقريبا إلى النصف – على سبيل المثال – عند وجود مجموعة من الدوائر المتجاورة يصل عددها إلى ٦ دوائر بتباعد يساوي قطر الكابل.

- **تركيب الكابل في الوسط الهوائي**

عند تركيب الكابل في الوسط الهوائي تظل المعادلة العامة لحمولة الكابل كما هي، ولكن تتغير فقط معادلة المقاومة الحرارية للوسط المحيط بالكابل، وذلك كما يلي:

$$T_4 = 1/[\pi \; D_e \; h \; (\Delta\theta_s)^{1/4}]$$

m : De القطر الخارجي.

$W/m_2(k)^{5/4}$: h عامل نقل الحرارة ويتضمن نقل الحرارة بالتوصيل والإشعاع والحمل.

$\Delta\theta s$ ارتفاع درجة حرارة سطح الكابل فوق درجة الوسط المحيط

من جانب آخر يؤدي ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط بالكابل– عند تعرضه لأشعة الشمس – إلى نتيجة مماثلة لدفن الكابل في الأرض من حيث خفض قدرته على تحمل التيار، وتصبح المعادلة كالتالي:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - \sigma \, De \, HT_4}{R [T_1 + n(1+\lambda_1) T_2 + n(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3+T_4)]} \right]^{0.5}$$

حيث:

σ : معامل امتصاص أشعة الشمس لسطح الكابل

$H = 1200\ W/m^2$: شدة أشعة الشمس في المملكة

$K.m/W$: T_4 : المقاومة الحرارية للوسط المحيط

De : القطر الخارجي للكابل

يتضح من المعادلة السابقة أن قدرة الكابل لنقل الطاقة الكهربائية تقل بمقدار ما يتعرض له من شدة أشعة الشمس، حيث إنها تزيد من حرارة سطحه بمقدار ($\sigma \, De \, HT_4$)، والذي يعتمد بدوره على عدة عوامل هي:

- شدة أشعة الشمس
- قطر الكابل (مساحة الجزء المعرض للشمس)،
- مدى امتصاص مادة غلاف الكابل للأشعة.



إدارة الأحمــال

يطلق مصطلح إدارة الأحمال على الإجراءات التي تتخذها جهة الإمداد (شركة الكهرباء) بالتنسيق مع جهة الطلب (المشتركين)، من أجل تخفيض مستويات الأحمال الذروية، وتشجيع استهلاك الكهرباء في غير أوقات الذروة، وترحيل جزء من الأحمال الذروية الى أوقات أخرى (أوقات حدوث الأحمال الدنيا). تعد إدارة الأحمال جزءاً من إدارة الطلب على الطاقة التي تشتمل على الإجراءات الأخرى مثل الاستراتيجيات التي تتبع للمحافظة على الطاقة والحد من نمو الأحمال ورفع كفاءة استخدام الطاقة وغيرها.

أ.د. عبد الله محمد الشعلان

جدير بالذكر أن تخفيض الأحمال في أوقات الذروة وزيادتها خارج أوقات الذروة يساعد على رفع قيمة معامل الحمل، وبالتالي يؤدي إلى زيادة معامل الاستخدام للمحطات والمساعدة في تخفيض تكاليف إنتاج وحدة الطاقة؛ مما ينعكس أثر ذلك على التعرفة (سعر بيعها للمشتركين).

يتناول هذا المقال الإجراءات المتخذة من قبل جهة الإمداد لضبط إنتاج الكهرباء حتى تفي بحاجة المستهلكين دون هدر لها، وذلك كما يلي:



خـــطط التولــيـــد

يتم إعداد خطط التوليد طبقاً لتغيرات الأحمال المستقبلية مع الزمن، باستخدام ثلاثة أنواع من وحدات التوليد لمواكبة الحمل اليومي:

- **النوع الأول**

يخصص هذا النوع لمواجهة الجزء من الحمل الذي يستمر تقريباً معظم الوقت خلال اليوم وتكون هذه الوحدات ذات سعة كبيرة، وكفاءة عالية، ومصاريف تشغيلية رخيصة، مثل: المحطات النووية، والمائية، والمحطات البخارية.

- **النوع الثاني**

يتم في هذا النوع استخدام وحدات ذات سعة متوسطة، وتختار - عادة - من المحطات الحرارية التي تعمل بالفحم، أو الغاز، أو البترول. ويتم تشغيلها والتحكم في القدرة الخارجة منها لتتوافق مع طبيعة الجزء المتوسط من الحمل، وتكون تكاليف إنتاج وحدة الطاقة من هذه الوحدات متوسطة.

- **النوع الثالث**

يتم استخدام هذا النوع لمواجهة الأحمال القصوى، وتكون سعة هذه الوحدات صغيرة - عادة ما تكون من نوع مولدات الديزل أو المولدات الغازية - وتعمل لفترات أصغر (فترة الذروة)، ويمكن تشغيلها بسرعة، ولكن تكاليف إنتاج وحدة الطاقة من هذه الوحدات مرتفع؛ نظراً لارتفاع تكاليف تشغيلها.

تغيير منحنيات الأحمال الزمنية

تعرف منحنيات الأحمال بأنها التغير في الطلب الكهربائي بتغير ساعات الزمن اليومية، فنجد مثلاً أنه عند بداية اليوم - الساعة الثانية عشرة ليلاً - يبدأ الطلب بالانخفاض تدريجياً لانخفاض مزاولة الأنشطة الحياتية، وعند الساعة السابعة صباحاً يبدأ بالارتفاع تدريجياً حتى يصل إلى قمته وأوجه عند الساعة الواحدة ظهراً، ويسمى عندئذ بالحمل الأقصى، ويستمر في هذا المستوى حتى الساعة الخامسة بعد الظهر (وهي فترة الحمل الأقصى أو الذروي)، وبعدها يبدأ بالانخفاض تدريجياً لزوال بعض الأحمال - الحكومية والتجارية والصناعية - وعند الساعة السادسة مساءً يبدأ الطلب في الارتفاع بسبب ظهور أحمال الإنارة حتى الساعة الثانية عشرة - منتصف الليل - حيث يبدأ ويعيد دورته المذكورة آنفا مرة أخرى.

تهدف إدارة الأحمال إلى تغيير منحنيات الأحمال الزمنية، بالطرق التالية :

- **خفض الحمل الذروي**

يتم تحقيق خفض الحمل الذروي للنظام الكهربائي عن طريق إجراء تخفيض في الاستهلاك الحالي والمستقبلي للطاقة الكهربائية



■ محطة مائية لتوليد الكهرباء.

للمشتركين - أو لقطاع كبير منهم - في أوقات حدوث الحمل الذروي، وعادة ما يتم اختيار معدات كهربائية مثل أجهزة التكييف، حيث يتعين على جزء من المشتركين عدم استخدامها في وقت حدوث الذروة، أو تتخذ إجراءات ما للحد من استخدامها في وقت حدوث الذروة.

● **زيادة الأحمال في أوقات الأحمال الدنيا**

يهدف هذا الإجراء إلى زيادة معامل الاستغلال لمحطات التوليد الحالية، وزيادة معامل الحمل، وبالتالي خفض متوسط تكاليف إنتاج وحدة الطاقة الكهربائية، ويتم في هذه الحالة تشجيع استهلاك الطاقة الكهربائية واستخداماتها في غير أوقات الحمل الذروي بوضع تعرفة منخفضة في تلك الأوقات. ويمكن زيادة قيم الحمل في أوقات الأحمال الدنيا بإتباع أساليب متعددة، مثل: استخدام معدات تعمل بأسلوب «التخزين الحراري»، حيث يتم استهلاك الطاقة الكهربائية في أوقات غير أوقات الذروة في ضخ المياه وتسخين أو تبريد الماء لاستخدامه للتبريد أو التدفئة في أوقات الذروة، وكذلك يمكن استخدام الطاقة الكهربائية في أوقات غير وقت الذروة.

● **ترحيل الأحمال**

يتم ترحيل (إزاحة) بعض الأحمال التي تحدث وقت الذروة باتخاذ الإجراءات الكفيلة بترحيلها إلى أوقات أخرى؛ وبذلك يمكن إجراء تخفيض للحمل الذروي وزيادة الأحمال في أوقات الأحمال الدنيا. ويعد استخدام معدات تعمل بالتخزين الحراري (للتبريد والتدفئة) وقصر استخدام الطاقة الكهربائية في ري الأراضي الزراعية مثالاً على بعض الأساليب المتبعة التي تحقق ترحيل وإزاحة الأحمال.

أهداف إدارة الأحمال

تختلف أهداف إدارة الأحمال من مرفق إلى آخر، تبعاً لظروف النظام الكهربائي لهذا المرفق واستراتيجياته، غير أن معظم تلك الأهداف يمكن إيجازها على النحو التالي:

● **الاستخدام الأمثل للطاقة الكهربائية**

يتطلب تأمين معدات النظم الكهربائية من محطات توليد وشبكات نقل وتوزيع (لمواجهة الأحمال) إنفاق استثمارات مالية ضخمة سواءً لشراء تلك المعدات وتركيبها أو تشغيلها وصيانتها؛ ولذلك فإنه ينبغي - ليس فقط لمصلحة شركات الكهرباء ولكن أيضاً لصالح الاقتصاد الوطني - تحقيق الاستخدام الأمثل للنظم الكهربائية.

جدير بالذكر أنه يوجد في كل نظام محطات توليد كهرباء مختلفة الأنواع، فقد يكون هناك محطات مائية وأخرى غازية وثالثة تعمل بالديزل، وتختلف طبيعة وخصائص تلك المحطات، فمنها ما يكون اقتصادياً إذا تم تشغيلها لفترات طويلة خلال السنة، ومنها ما يصلح للعمل فقط خلال أوقات الذروة للحصول على التشغيل الاقتصادي الأمثل للنظام الكهربائي.

● **تخفيض الاستثمارات الرأسمالية المستقبلية**

ينبغي إضافة وحدات توليد وشبكات للنقل والتوزيع لمواجهة الطلب المستقبلي للطاقة والأحمال الكهربائية على مراحل. تتحدد تلك المراحل بناءً على معدلات النمو في الأحمال والطاقة المستقبلية التي تعتمد على خصائص وأنماط استهلاك المشتركين ومعدلات زيادتهم، ويظهر ذلك الأمر جلياً في الحالات التي تشهد نمواً سريعاً في الطاقة والأحمال الكهربائية، ولذلك ينبغي تخصيص استثمارات مالية لتأمين وحدات توليد جديدة وكذلك شبكات نقل وتوزيع تتوافق مع معدلات النمو للأحمال المستقبلية، وبالتالي تكون قادرة على مواجهة الأحمال المستقبلية.

● **الاستخدام الاقتصادي للوقود**

تختلف النظم الكهربائية من حيث نوع وعدد وحدات التوليد المتاحة بها، وعادة ما يكون هناك خليط من أنواع عدة من محطات التوليد، وكذلك وجود وحدات توليد متعددة في كل محطة، بالإضافة إلى أن بعض الوحدات قد يكون قديماً وذا كفاءة تشغيلية منخفضة، مما قد يسبب ارتفاع في تكلفة إنتاج وحدة الطاقة إذا ما تم تشغيله لفترات طويلة؛ ولذلك ينبغي الحد من استخدام تلك الوحدات أو العمل على استخدامها لفترات قصيرة جداً، بحيث يكون تأثيرها محدوداً على التكلفة التشغيلية لإنتاج وحدة الطاقة الكهربائية.

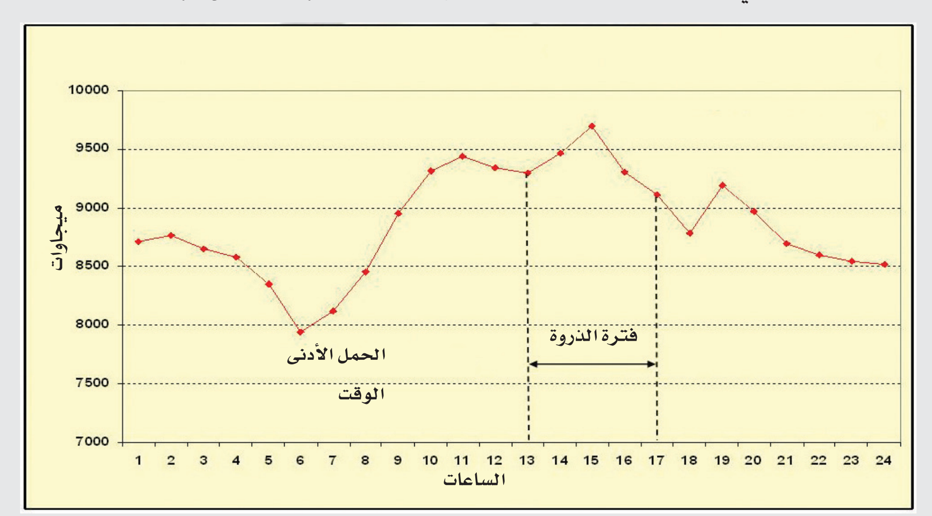
برامج إدارة الأحمال

تهدف برامج إدارة الأحمال إلى اتخاذ الإجراءات الكفيلة بإحداث تغيرات على شكل منحنى الأحمال وتغيرها مع الزمن للمشتركين لتتوافق وتكون متقاربة بقدر الإمكان - بعد عمل هذه التغيرات - مع الشكل المثالي لمنحنى الأحمال الذي يحقق الاستخدام الأمثل لمعدات النظام الكهربائي من محطات توليد وشبكات نقل وتوزيع.

● **خطوات برامج إدارة الأحمال**

تتكون برامج إدارة الأحمال - أساساً - من الخطوات الزمنية التالية:

■ **دراسة ظروف النظام الكهربائي:** وتبدأ بإجراء دراسة تحليلية دقيقة للنظام الكهربائي، سواءً من ناحية الجزء المسؤول عن الإمداد بالطاقة الكهربائية (جهة الإمداد)، أو للجزء الذي يتم فيه استهلاك الطاقة الكهربائية (جهة الطلب)، وذلك بهدف دراسة إمكانيات إجراء تغيير في



■ رسم بياني يوضح منحنى الأحمال اليومية لمشتركي المنطقة الوسطى بالمملكة لعام ٢٠٠٦م.

خصائص الجزء الثاني ليكون أكثر ملائمةً وتمشياً مع خصائص الجزء الأول.

■ **دراسة ظروف جهة الإمداد:** حيث توجد موضوعات أساسية تؤثر بشكل فعال على خصائص جهة الإمداد الكهربائي يلزم إجراء دراسة تحليلية لها من واقع بيانات ومصادر من أهمها:

١- سجلات الطلب على الأحمال والطاقة الكهربائية.

٢- سجلات وبرامج الصيانة للنظام الكهربائي.

٣- المسؤولون عن التشغيل والتحكم في الأنظمة الكهربائية.

٤- سجلات نظم المراقبة والتحكم وجميع المعلومات للأنظمة الكهربائية.

ومن أهم هذه الموضوعات ما يلي:

- **كفاءة استخدام الوقود:** وتقع عليها مسؤولية مواجهة الطلب على الطاقة والأحمال الكهربائية في أوقات الحمل الأقصى خلال اليوم، وهي أحد العوامل المهة والمؤثرة؛ لذلك ينبغي دراسة هذا الأمر بعناية، حيث يتم بناء على ذلك تقدير الفوائد والمزايا التي يمكن الحصول عليها إذا ما استخدمت برامج إدارة الأحمال لتخفيض جزء من الأحمال التي تتسبب في حدوث الحمل الذروي.

- **درجة جاهزية المحطات:** وتتم خلال الفترات الماضية والحالية والمستقبلية بإجراء دراسة تحليلية دقيقة على أساس دراسة معدلات انقطاع الإمداد أثناء التشغيل بسبب ظروف فجائية قسرية أو بسبب الصيانة المجدولة والمخطط لها سلفاً، وتجرى تلك الدراسة التحليلية لتغطي التشغيل اليومي لتلك المحطات.

جدير بالذكر أنه إذا أمكن تخفيض جزء من الأحمال عند الحمل الأقصى أو عند الأحمال الذروية الأخرى أثناء التشغيل اليومي، فإن ذلك يعني إيقاف وحدات التوليد ذات الكفاءة التشغيلية الأقل والتي عادة ما تكون مسؤولة عن زيادة تكلفة إنتاج وحدة الطاقة.

- **معدلات نمو الطلب المستقبلي:** وتهدف لإيضاح شكل منحنيات الأحمال اليومية وخصائصها، ليس فقط في المرحلة الحالية للنظام ولكن أيضاً في المستقبل؛ و للحصول على نتائج ملموسة لبرامج إدارة الأحمال في تغيير شكل تلك المنحنيات وخصائصها، لابد من مرور وقت كاف - يعتمد مقداره على مدى تجاوب المشتركين مع الإجراءات المطلوب اتخاذها - لوضع تلك البرامج موضع التنفيذ.

- **خصائص الطلب على الكهرباء اليومية:** وذلك للحصول على كيفية تغير الأحمال خلال اليوم، وتحديد أوقات انخفاض الأحمال، وكذلك الأوقات التي ترتفع فيها قيم الأحمال، وتحديد الأوقات التي يمكن خلالها تحقيق أهداف إدارة الأحمال (خفض قيمة الأحمال في أوقات الذروة أو ترحيل بعض الأحمال إلى الأوقات التي تنخفض فيها الأحمال إلى القيم الدنيا). كما أن دراسة منحنيات الأحمال اليومية تؤدي إلى معرفة مقدار التخفيض المطلوب للأحمال وقت الذروة، وكذلك مقدار زيادة قيم الأحمال في الأوقات التي تحدث خلالها الأحمال الدنيا.

- **خصائص الطلب خلال فصول السنة:** وتتم من خلالها معرفة الفترة الزمنية أو الفصل المطلوب خلاله تطبيق إجراءات برامج إدارة الأحمال، ففي بعض البلدان يتطلب الأمر تطبيق برامج إدارة الأحمال في الصيف؛ نظراً لارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية نتيجة لاستخدام أجهزة التكييف، كما أنه في بعض البلدان الأخرى يتطلب الأمر تطبيقها في الشتاء؛ نظراً لارتفاع استهلاك الطاقة في استخدام أجهزة التدفئة.

● مصادر بيانات مرحلة التخطيط

لإجراء الدراسات المشار إليها آنفاً في مرحلة التخطيط لبرامج إدارة الأحمال يلزم الحصول على البيانات والمعلومات من المصادر التالية:

■ **دراسة ظروف جهة الطلب:** وتتأثر بعدة موضوعات أساسية يلزم دراستها تفصيلاً، وأهمها مايلي:

- **تصنيف المشتركين وخصائصهم:** وذلك من حيث أصنافهم - السكنيين، التجاريين، الصناعيين، الزراعيين.. إلخ-وطبيعة استهلاكهم للكهرباء ومقدار مساهمة كل صنف من هذه الأصناف في الحمل الكلي في جميع الأوقات.

- **خصائص وطبيعة أحمال كبار المشتركين:** وذلك بهدف اختيار الإستراتيجيات والإجراءات المناسبة لكل حالة، وقد يقتضي الأمر تنسيقاً خاصاً مع كبار المشتركين الصناعيين بهدف وضع إجراءات خاصة للتعامل معهم؛ من أجل إعداد برامج إدارة الأحمال المناسبة لهم، والذي يلقى قبولاً لديهم.

يتطلب إعداد برنامج إدارة أحمال ناجح قابل للتنفيذ، إقناع المشتركين بإجراء تغيير في طبيعة وخصائص استهلاكهم للكهرباء، وحتى يمكن تحقيق ذلك فإنه يلزم معرفة وتحديد الأنشطة التي تتسبب في حدوث الحمل الذروي، ومن ثم دراسة إمكانية ترحيل بعض تلك الأنشطة إلى أوقات أخرى تكون فيها الأحمال ذات قيم منخفضة.

- **إجراء بحوث الحمل:** وذلك لدراسة خصائص وطبيعة جهة الطلب على الكهرباء، ولإجراء تلك البحوث توجد أجهزة تسجيل خاصة تقوم بتسجيل مستمر للطاقة الكهربائية وفي الوقت نفسه تبين الحمل عند كل فترة زمنية (قد تكون ٥٠ دقيقة)، ويجب أن تكون مسجلات الوقت مضبوطة حتى يمكن الحصول على الحمل الاجمالي لعدد من المشتركين عن طريق إضافة الأحمال لهؤلاء المشتركين عند وقت معين؛ وبالتالي يمكن الحصول على منحنيات منفردة لكل مشترك، ومن ثم منحنى إجمالي لهؤلاء المشتركين.

■ **خصائص الأجهزة المستهلكة للطاقة:** وتبدأ بتقسيم المشتركين طبقاً لعاداتهم الاجتماعية ومستواهم الاقتصادي وعمل مسح شامل لكل الأجهزة الكهربائية الأساسية في المنازل عن طريق حصر الأجهزة المباعة خلال فترة معينة، وتقدير كمياتها من كل جهاز في كل سنة من السنوات الماضية وإجراء هذه التقديرات لعدد من السنوات في المستقبل. ومن منحنيات الحمل المتنوعة لكل جهاز يتم تحديد الطلب في كل يوم في أوقات الذروة، ومع معرفة عدد كل نوع من الأجهزة المركبة والطلب في كل ساعة يمكن إعداد منحنى الحمل للمشتركين السكنيين. وبالتالي معرفة أسباب حدوث الحمل الذروي في وقت محدد.



■ عداد إلكتروني لتسجيل الأحمال.

■ **إستراتيجيات برامج إدارة الأحمال:** وفيها يجب تحديد أهداف البرنامج المطلوب التوصل إليها في نهاية المطاف، ومن ثم تحديد الأسس والطرق اللازمة التي تكفل تحقيق تلك الأهداف؛ وبناء على هذه النتائج يتم إعداد سلسلة من الإجراءات الممكن تنفيذها والممكن اقناع المشتركين بها من أجل التوصل إلى الأهداف المرسومة والتي عادة ما تتلخص إما في تخفيض أحمالهم في أوقات حدوث أحمال الذروة، أو زيادة أحمالهم في أوقات حدوث الأحمال الدنيا. وعادة مايتم تشجيع المشتركين على اتخاذ تلك الإجراءات بإعطائهم نوعاً من الحوافز وفقاً لطبيعة المشتركين وطبيعة الإجراءات المراد تنفيذها، وذلك وفقاً لما يلي:

١- تأخير أو تقديم أوقات استخدام بعض الأجهزة والمعدات الكهربائية المستهلكة للطاقة لأحداث التغيير المطلوب في شكل الأحمال الزمنية مع الاحتفاظ بإجمالي قيمة استهلاكهم للطاقة الكهربائية.

٢- تخفيض القيمة الكلية للطاقة الكهربائية المستهلكة للمشتركين وتعويض ذلك باستخدام أنواع أخرى من الطاقة، مثل: استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه والتدفئة؛ وجدير بالذكر أن ذلك الأسلوب سوف يساعد على تخفيض قيمة الحمل الذروي فقط.

٣- تطوير مجالات أخرى تساعد على استهلاك الطاقة الكهربائية أثناء فترات انخفاض الأحمال، وذلك من أجل الاستغلال الأمثل لإمكانيات النظام الكهربائي وزيادة معامل الحمل، ومن ثم تخفيض تكلفة انتاج وحدة الطاقة الكهربائية.

■ **الجدوى الاقتصادية:** وفيها يقوم المشتركون ـ وبخاصة الكبار منهم من المشتركين الصناعيين والتجاريين ـ بإجراء دراسة اقتصادية تشمل الفوائد المتوقعة والتي يمكن الحصول عليها من مشاركتهم في برامج إدارة الأحمال، وتشمل أيضاً الحوافز، كما يتم مقارنتها بالتكاليف التي سيتحملونها ـ شاملة النتائج غير المباشرة ـ نتيجة لمشاركاتهم في تلك البرامج.

من جانب آخر يقوم مرفق الكهرباء في هذه المرحلة بإجراء دراسة جدوى اقتصادية شاملة وبناء على نتائجها يتخذ القرار بتنفيذ أو عدم تنفيذ برامج إدارة الأحمال، يتم في هذه الدراسة تحديد كل التكاليف المطلوبة لتنفيذ البرنامج بدقة. ومقارنتها بالعوائد التي سيتم تحقيقها بموجب هذا البرنامج.

وهناك عدد من العوامل التي يجب على مرفق الكهرباء أخذها في الاعتبار عند إجراء تلك الدراسة، من أهمها ما يلي:

١- توفر الموارد المالية اللازمة وقيمة الاستثمارات المطلوبة لبناء وحدات توليد جديدة، و إمكانية الحصول على دعم مالي أو قروض للتمويل .

٢- معدلات النمو المستقبلي للأحمال والطاقة الكهربائية، والتي تتطلب إنشاء وحدات توليد جديدة في الأحوال التي تكون فيها تلك المعدلات سريعة وعالية، ولايمكن مواجهتها عن طريق تنفيد برنامج إدارة الأحمال فقط.

٣- أهمية الاستخدام الأمثل للطاقة والالتزام بتلك الإستراتيجية على المستوى الوطني.

٤- الاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتاحة، وكذلك الاستثمارات والإمكانيات المتاحة حالياً في النظام الكهربائي، وتخفيض تكاليف إنتاج وحدة الطاقة وزيادة معامل الحمل.

■ **تنفيذ البرنامج:** ويتم بناءً على نتائج دراسة الجدوى، تحديد الاستراتيجيات التي على أساسها سيقوم تنفيذ برامج إدراة الأحمال، ويجب التأكد من أن أهداف الإستراتيجيات المختارة يمكن تحقيقها عملياً. فعلى سبيل المثال إذا كان الهدف النهائي لبرنامج ما تخفيض قيمة الحمل الذروي اليومي بنسبة ٥ ٪ لمدة أربع ساعات، فإنه ينبغي التأكد من أن ذلك ممكناً، حيث إن دراسة الجدوى ونتائجها قد أعدت على هذا الأساس وأن القرارات التي تم اتخاذها قد اعتمدت بناءً على إمكانية تحقيق هذا الهدف. وبناءً على ذلك فإنه يلزم إجراء الخطوات الأساسية التالية:

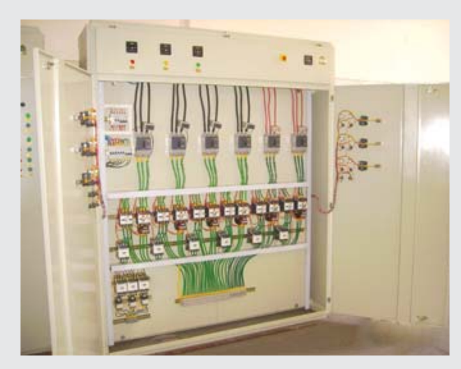
١- اختيار مجموعة مؤهلة من منسوبي مرفق الكهرباء يقع على عاتقهم الاتصال المباشر بالمشتركين، وتوثيق الصلة مع كبار المشتركين الصناعيين والتجاريين. وينبغي أن تكون تلك المجموعة على علم كامل بكل مايتعلق ببرنامج إدارة الأحمال وأهدافه واستراتيجياته، وبكل الفوائد التي يمكن إقناع المشتركين بها، وبالتالي التسويق للبرنامج وإخطار المشتركين بكل المواضيع التي تتصل بالبرنامج.

٢- الاتصال بالوزارات والهيئات والجهات الحكومية لتحقيق هدفين:

(أ) إعطاء معلومات عن البرنامج وإحاطتهم بأهدافه وأهميته بالنسبة للاقتصاد الوطني.

(ب) تدعيم إستراتيجيات وأهداف برنامج إدارة الأحمال وذلك عند اعتماد إستراتيجيات أو سياسات داخلية خاصة بها، فعلى سبيل المثال تقوم وزارة التجارة والصناعة بدعم الإستراتيجية الخاصة بالأجهزة والمعدات ضمن البرامج الخاصة بها.

٣- قيام مرفق الكهرباء بعمل مشروع عملي لعرضه على جمهور المشتركين، بحيث يعطي مثالاً لما يمكن أن يستفيد منه المشترك؛ فقد يقوم المرفق بتكييف مبنى تجاري باستخدام تقنية التخزين الحراري، أو استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه، أو استخدام العزل الحراري لمبنى يعرض على الجمهور.



■ **مراقبة النتائج:** وتتم ـ أثناء وبعد تنفيذ برنامج إدارة الأحمال ـ لتسجيل تكاليف التنفيذ الثابتة (الابتدائية) منها والمتغيرة (المستمرة)، ونتائج البرنامج وفوائده، وتقدير قيمة تلك الفوائد ومقارنة ذلك بالأرقام التي استخدمت في دراسة الجدوى، وتعد تكاليف الأجهزة والمعدات والمواد التي يتم شراؤها في البداية هي التكاليف الثابتة، أما تكاليف التشغيل والصيانة لهذه الأجهزة فتعد التكاليف المتغيرة.

تعتمد طرق مراقبة نتائج برنامج إدارة الأحمال على نوعية الطرق والاستراتيجيات التي اتبعت في البرنامج نفسه، بيد أن هناك عدداً من المبادئ والأسس العامة التي تستخدم لمراقبة وتقدير فوائد النتائج التي يتم الحصول عليها من برامج ادارة الأحمال، منها على سبيل المثال ما يلي:

- دراسة بيانات فواتير الكهرباء للمشتركين، بحيث يمكن ملاحظة التغيرات في تلك البيانات والتي يمكن أن تشير إلى أي مدى قد شارك المشتركون في البرنامج وعدد ونوعية هؤلاء المشتركين.



– الاتصال بالمشتركين الذين يساهمون في البرنامج لمعرفة الآثار التي أحدثها البرنامج، وردود الفعل لديهم، وتحليل تلك الآثار وردود الفعل، وتطوير الوسائل اللازمة لاستمرارية المساهمة من هؤلاء المشتركين، واستخدام بعض الوسائل المتطورة والجديدة في محاولة ضم مشتركين آخرين للمشاركة في البرنامج، وخصوصاً استخدام الحوافز ومدى كفاءتها في تشجيع وجذب المشتركين.

– معرفة الأسباب والدوافع التي جعلت بعض المشتركين لا يساهمون في البرنامج ومحاولة فهم تلك الدوافع وتحليلها وإيجاد الحلول البديلة التي تكفل ضم هؤلاء المشتركين أو قطاع كبير منهم للمشاركة في هذا البرنامج، وقد يتطلب ذلك مراجعة مستويات الحوافز ونوعياتها ومدى كفاءة استخدامها بحيث تؤدي إلى تحقيق أهداف البرنامج.

– تركيب أجهزة ومعدات بحوث الحمل لكبار المشتركين الصناعيين والتجاريين ودراسة القراءات التي تسجلها تلك الأجهزة، وتحليلها ومن ثم معرفة مدى التخفيض الذي حدث خلال فترة معينة في أحمال الذروة، ومدى استمرارية ذلك التخفيض ومن ثم مراقبة النتائج.

– بالنسبة لبرامج إدارة الأحمال التي تعتمد على استراتيجية التحكم والسيطرة على الأحمال عن بعد وكذلك التحكم والسيطرة على الأحمال عن طريق إرسال إشارات لاسلكية من مرافق الكهرباء، فإنه يمكن مراقبة النتائج عن طريق سجلات برامج التحكم التي تعطي الإشارات الى أجهزة خاصة للتحكم في الأحمال والتي تكون مركبة عند المشتركين، وبمعرفة عدد الإشارات التي أرسلت وعدد المشتركين ونوعياتهم - والتي عادة ماتكون مبرمجة - وبمراجعة أحمال النظام يمكن مراقبة نتائج البرنامج وتقدير الآثار الجزئية المترتبة على تنفيذه على ضوء أشكال منحنيات الأحمال الزمنية.

أساليب إدارة الأحمال

تستخدم إدارة الأحمال أساليب عديدة لأداء عملها، غير أنه يمكن تصنيفها إلى صنفين أساسيين هما:

● التحكم المباشر في الأحمال

يعرف التحكم المباشر في الأحمال بأنه الأسلوب الذي يعطي مرفق الكهرباء الحق في فصل أو تخفيض أحمال المشترك، وذلك بعد الحصول على موافقة مسبقة منه، وعادة ما يتم ذلك عن طريق نظم اتصالات عديدة تعمل عن بعد. و يتم توقيع اتفاق مسبق بين مزود الخدمة (شركة الكهرباء) والمشتركين الذين يقبلون هذا الأسلوب من إدارة الأحمال، حيث يتم فيه تحديد كل الجوانب المتعلقة بهذا الموضوع شاملة الظروف التي يتم فيها الفصل، وعدد ساعات انقطاع أو تخفيض الأحمال.

يتيح نظام التحكم المباشر ميزة أساسية لمرافق الكهرباء لايمكن الحصول عليها باستخدام نظام التحكم غير المباشر، إذ يستطيع المرفق تخفيض الأحمال أو عدم تغذيتها وقت الذروة، وهو الوقت الذي قد لا تستطيع فيه وحدات التوليد مجابهة وتغطية الأحمال القائمة؛ مما يؤدي إلى إمكانية الاستغلال الأمثل لوحدات التوليد.

تعد أنظمة التحكم في الأحمال عن بعد من أشهر أساليب التحكم المباشر؛ وفيها يتم فصل أو تخفيض الأحمال من مرفق الكهرباء نفسه بعد الحصول على موافقة مسبقة من المشترك. ويتكون نظام التحكم عن بعد من أربعة أجزاء رئيسية هي:

– نظام تحكم مركزي.
– مولد إشارات.
– نظام اتصالات.
– جهاز استقبال مع مفتاح.

تتم برمجة نظام التحكم المركزي الموجود بمرفق الكهرباء، بحيث يقوم - عند الإحساس بظروف معينة - بتشغيل مولد الإشارات الذي يقوم بدوره بإنتاج إشارات تنقل عبر نظام الاتصالات الذي يختلف من حالة إلى أخرى، وهناك العديد من نظم الاتصالات المستخدمة من بينها:

– نظم الاتصالات السلكية العامة أو الخاصة (كابلات - أسلاك هوائية).
– نظم الاتصالات باستخدام الموجات الراديوية.
– نظم الاتصالات باستخدام الموجات الحاملة.

● التحكم غير المباشر في الأحمال

التحكم غير المباشر في الأحمال عبارة عن أسلوب يعطي المشترك حرية فصل أو تخفيض الأحمال في أي وقت يشاء. ويعتمد هذا الأسلوب على قيام مرفق الكهرباء بإعطاء حوافز للمشتركين الذين يقومون بتخفيض أو فصل الأحمال في أوقات محددة (عادة ما تكون مرتبطة بأحمال الذروة)، وعادة ما تكون هذه الحوافز عبارة عن تخفيض في سعر التعرفة الكهربائية خلال ساعات محددة (غير أوقات الذروة)

أنظمة التحكم غير المباشر ما يلي:

■ التخزين الحراري في التبريد والتدفئة:

وهي تقنية استخدمت منذ عشرات السنين في أوروبا للتدفئة وتم تطويرها وتطبيقها حديثاً. وفي هذا الصدد فقد استخدمت طريقتان هما:

– **الطريقة الأولى:** ويطلق عليها «التخزين الكامل» حيث تعمل وحدة التبريد (التجميد) فقط خلال الفترات الزمنية التي تحدث فيها الأحمال الدنيا (أي في غير أوقات أحمال الذروة)، حيث يتم تجميد كمية من المياه والحصول على كمية من الثلج بحيث تكفي للتبريد خلال أوقات أحمال الذروة؛ وخلال هذا الوقت يتم الحصول على التبريد عن طريق تمرير مياه خلال الثلج المتجمد داخل مبادل للحرارة (Heat Exchanger) والذي ينصهر بدوره ويكسب الماء المار برودة والذي يمر من خلال دائرة التكييف.

الطريقة الثانية: ويطلق عليها «التخزين الجزئي» حيث تعمل وحدة التبريد طوال اليوم (٢٤ ساعة) وفي الأوقات التي تكون فيها أحمال التبريد منخفضة (أي خلال الساعات المتأخرة من الليل والصباح الباكر). تعمل وحدة التبريد للحصول على الثلج وفي الأوقات التي تكون فيها أحمال التبريد عالية، وحينما يقترب حمل التبريد من الوصول إلى القيمة القصوى يتم تمرير الماء خلال الثلج حيث يتم زيادة مقدرة التبريد.

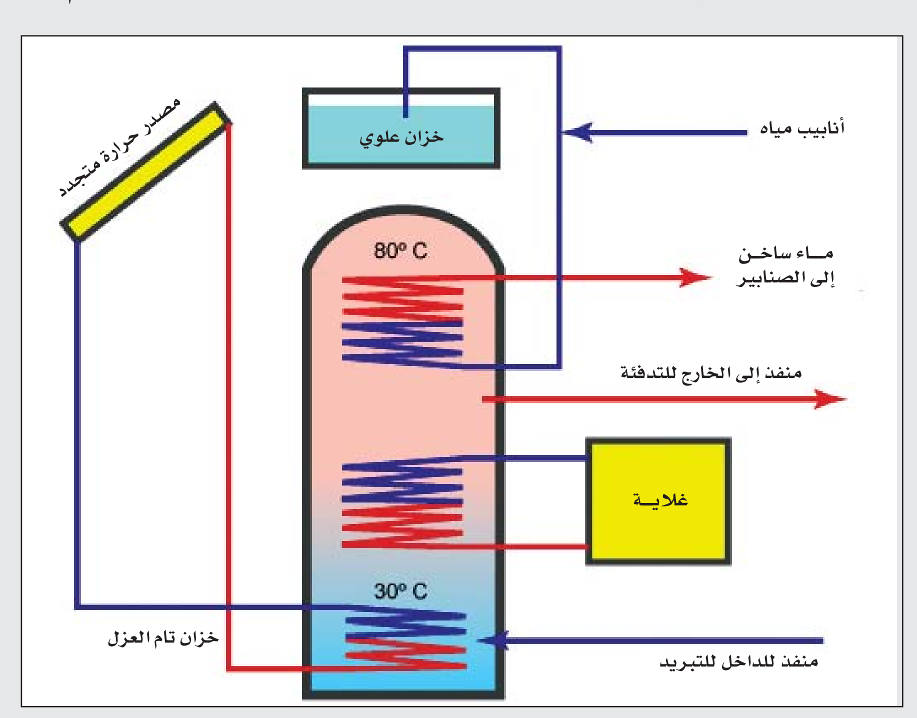
يتضح من ذلك: أن التخزين الجزئي يحتاج إلى وحدة تبريد وخزان ثلج أقل حجماً من حالة التخزين الكامل، نظراً لأن وحدة التبريد تظل تعمل طوال اليوم، كما أن كفاءة التخزين الجزئي أعلى أيضاً من كفاءة التخزين الكامل.

يحقق استخدام تقنية التخزين الحراري في التكييف مزايا اقتصادية في تقنية التكييف بالهواء، من أهمها أنه يحتاج إلى مضخات أصغر، وبالتالي تكون سعتها أقل، كما أنه يحتاج أيضا إلى أنابيب ذات سعات أصغر وعزل أقل، نظراً لأن درجة حرارة المياه الناتجة عند مرورها خلال خزان الثلج تكون أقل من مثيلاتها من وحدات التبريد العادية.

■ **التعرفة الكهربائية:** وتستخدم في بعض البلدان كأسلوب فعال لإدارة الأحمال، وذلك على أساس وضع شرائح لهيكل التعرفة الكهربائية بحيث تشجع المشترك على استهلاك الطاقة الكهربائية في غير أوقات أحمال الذروة وتخفيض استهلاكه في أوقات أحمال الذروة، حيث يقوم المشترك بنفسه بتخفيض أحماله وقتما يشاء وفي الظروف التي يحددها هو بنفسه.

توجد هناك عدد من الموضوعات الأساسية يجب أخذها في الاعتبار عند استخدام التعرفة الكهربائية كأسلوب لإدارة الأحمال من أهمها ما يلي:

- دراسة مستويات استهلاك الكهرباء لدى المشتركين قبل إعداد هيكل التعرفة، لتؤخذ كأساس لإعداده، وينبغي ملاحظة أن يكون هدف التعرفة هو جذب وتشجيع قطاع عريض من المشتركين للمساهمة في برنامج إدارة الأحمال، وأن تكون التعرفة ذات جدوى اقتصادية للمشترك بالقدر نفسه التي تكون فيه للمرفق.
- ينبغي أن يكون هيكل التعرفة مبسطاً ومفهوماً لدى المشترك العادي، بحيث يشجع المشترك على المساهمة في برنامج إدارة الأحمال.
- إعطاء أهمية للفترة التي يطلب فيها المشترك تخفيض أحماله، وإمكانية أن يلقى القبول من قطاع عريض من المشتركين؛ فعلى سبيل المثال يفضل كثير من المشتركين الصناعيين عدم إجراء تخفيض لأحمالهم لمدة طويلة في اليوم؛ نظراً لأن ذلك قد يؤثر على سير وحجم إنتاجهم.
- عدم حرمان المشترك من الحصول على المزايا والحوافز إذا لم يستطيع الالتزام بتخفيض أحماله في يوم واحد خلال مدة شهر تقريباً. فمثلاً قد يحدث عند التطبيق ألا يستطيع المشترك الوفاء بتخفيض أحماله لمدة بسيطة مقارنة بالمدة التي التزم بها بالفعل، فيحرم من المزايا خلال المدة كلها وذلك قد يؤدي إلى فهم خاطىء لدى قطاع عريض من المشتركين؛ ولذلك يلزم تجنب مثل تلك الأمور عند التنفيذ وعند تحديد أسلوب القياس والفترة التي يتم فيها محاسبة المشترك.
- مراعاة البساطة في التعامل والقياس عند التطبيق لأول مرة، بحيث لا يؤدي ذلك إلى تفسير خاطىء مثل إضافة تعقيدات في صور أخرى (مثل: إضافة مصاريف عداد القياس الجديد، ومثل إجراءات جديدة لاختبارات العداد الجديد وضبطه.. إلخ).



■ طريقة عمل تقنية التخزين الحراري.

المراجع

١- **الشعلان، عبدالله**، الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية، وقائع ندوة تمويل وتوفير المرافق العامة، الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤٢٢ هـ.

٢- **الشعلان، عبدالله**، تحسين معامل القدرة لأنظمة القدرة الكهربائية، المؤتمر الهندسي السابع، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، ٢٢- ٢٥ ذو القعدة ١٤٢٨ هـ.

٣- **الشعلان، عبدالله**، الخطة الشاملة لترشيد الطاقة الكهربائية في المملكة، ورشة عمل بالتعاون مع وزارة المياه والكهرباء والمنظمة اليابانية للتعاون الدولي وجامعة الملك سعود، جامعة الملك سعود، ١٣ مايو ٢٠٠٨م.

٤- **الشعلان، عبدالله**، بطاقات كفاءة استهلاك الطاقة الكهربائية للأجهزة الكهربائية شائعة الاستخدام، ورشة عمل، الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، محرم ١٤٢٩.

٥- **الشعلان، عبدالله**، تصحيح معامل القدرة في كود البناء السعودي، المؤتمر الهندسي السابع، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، ٢٢- ٢٥ ذو القعدة ١٤٢٨هـ.

٦- **الشعلان، عبدالله**، دراسة الأساليب والتقنيات الحديثة لتقليل فقد الطاقة في المنظومة الكهربائية بالمملكة، مشروع مدعوم من قبل وزارة المياه والكهرباء برقم و م ك ٦٠٠٥، معهد الملك عبد الله للبحوث والدراسات الاستشارية، جامعة الملك سعود، ١٤٢٩هـ.

المخاطر الكهربائية وطرق الوقاية منها

يعي الإنسان ـ تماماً ـ المنجزات الباهرة والابتكارات الرائعة التي تحققت في مجال الكهرباء؛ مما يُوجب عليه حسن استخدامها والتعامل معها للاستمتاع بمزاياها المتعددة والوقاية من أخطارها الماحقة. وقد واكب اتساع الشبكات الكهربائية وتطورها وتنوع استخدامات الكهرباء في شتى مجالات الحياة، تزايد الحاجة للشعور بالأمان؛ لأنه قد يحدث بسبب الجهل أو التهاون أو سوء الاستعمال للطاقة الكهربائية حوادث مأساوية وكوارث مميتة، سواء للعاملين والقائمين بتنفيذ وتشغيل وإدارة وصيانة المحطات والشبكات الكهربائية أو للمستفيدين والمستخدمين والمستهلكين بمختلف أنواعهم، ناهيك عن الخسارة الناجمة من عطب الأجهزة والأدوات المختلفة جراء الاستعمال غير السليم لمصدر الطاقة الكهربائية، والتي تعد في حد ذاتها سليمة وآمنة للشخص العاقل والمتدبر. وخطرة مميتة للجاهل والمستهتر.



أ.د/ عبد الله بن محمد الشعلان

يمكن تفادي الكثير من حالات الحرائق والانفجارات والإصابات المؤسفة - مثل الصعق الكهربائي - والوقاية منها لو أخذ المتعاملون مع الكهرباء - شبكات وتركيبات وموصلات وأدوات ومعدات وأجهزة- بشروط سلامتها وتجنب مكامن أخطارها، وتأمين وسائل التحكم بها والسيطرة عليها، سواء أكانت الكهرباء مُولَدة في محطات الكهرباء أم منقولة بواسطة خطوط النقل وشبكات التوزيع.

الجدير بالذكر أن شركات الكهرباء والإدارات المعنية في قطاعات الكهرباء تسعى إلى وقاية المستهلك والمحافظة على سلامته وحماية معداته وأجهزته وممتلكاته ضد الأخطار الكهربائية، من خلال نشر التعليمات التي تهدف إلى توعية المستهلك؛ للتعرف على طبيعة الكهرباء وسبل الحماية من كوارثها ومخاطرها المحتملة، حيث إن تلك التعليمات تركز على تحقيق عنصر السلامة في التركيبات والتمديدات الكهربائية التي يتعامل معها المستهلك.

يتناول هذا المقال مكامن الأخطار الكهربائية وسبل تجنبها ومعالجتها من خلال المتطلبات التي حددتها المواصفات القياسية العالمية والمحلية لتحقيق هذه الغاية، ومن أهم المخاطر الكهربائية ما يلي:

الحوادث الكهربائية

تتسبب الكهرباء في العديد من الحوادث الكهربائية، مثل: نشوب الحرائق، وحدوث الانفجارات، والوفاة لكثير من الناس؛ ولذلك فهي خطرة على كل من يجهلها، و يستهتر بها، أو يهمل الشروط والتعليمات المرعية أثناء استعمالها. ومن أهم أسبابها ما يلي:

١- إهمال المتعاملين مع الكهرباء لتعليمات الأمن الصناعي؛ مما يؤدي إلى إصابتهم أو إصابة غيرهم في موقع العمل.

٢- عدم التقيد بالتعليمات الخاصة بكيفية استعمال الآلة أو الجهاز المستخدم؛ مما يؤدي إلى تلفه أو إصابة المحيطين به.

٣- قلة الثقافة الكهربائية، ووجود معلومات نظرية مغلوطة أو مفاهيم خاطئة عن الكهرباء؛ مما يؤدي إلى ارتكاب مخالفات قد تعرض صاحبها أو عمالاً آخرين في موقع العمل للأخطار والإصابات الكهربائية.

٤- عدم تنفيذ العمل بالمهارة والكفاءة المناسبة، بسبب قلة الخبرة أو التدريب؛ مما يؤدي إلى خسارة مادية أو بشرية تنتج من سوء التنفيذ أو التشغيل.

الأعطال الكهربائية

تتركز أضرار الأعطال الكهربائية في حدوث تلفيات للأجهزة الكهربائية، وما ينجم عنها من أضرار اقتصادية وصحية، وغيرها، ومن أهم أنواع الأعطال الكهربائية التي قد تُحدث مخاطر عند التعامل مع الكهرباء، ما يلي:

● **الدائرة الكهربائية المفتوحة**

تحدث هذه الأعطال عند انقطاع أحد الموصلات (الأسلاك) الذي قد يؤدي بدوره إلى انقطاع التيار الكهربائي، وتوقف الآلات والأجزاء التي يغذيها هذا الموصل عن العمل، ولا يشكل هذا النوع خطورة تذكر، حيث تعود الآلات للعمل بمجرد إعادة توصيل الدائرة.

● **قصر الدائرة**

يحدث هذا العطل عند التماس ناقلين(موصلين) مختلفين أو أكثر فيما بينهما، مسبباً مرور تيار كبير وشديد الخطورة، عندها تعمل المنصهرات (fuses) أو القواطع (Circuit breakers) على حماية الجهاز بفصل الدائرة عن المنبع أو المصدر، وبذلك يمكن تجنب حصول حريق أو عطب التجهيزات الكهربائية.

● **تفتت أو انهيار العازلية**

يحدث هذا العطل عند تلف جزء من العازل (البلاستيك) المحيط بالناقل الكهربائي؛ مما يؤدي إلى التماس بين الموصل أو الناقل وجسم الآلة، وعندئذ تصبح الآلة مصدر خطر لأنها تكهرب كل من يمسها – إذا لم تكن هناك أجهزة حماية تفصل التيار، كالخط الأرضي فقد تسبب الوفاة لا قدر الله – إذا كان واقفاً على أرض رطبة، أو كان ممسكاً باليد الأخرى أجساماً معدنية موصولة بالأرض.

الصعقة الكهربائية

تنجم الصعقة الكهربائية (Electric shock) عن مرور التيار الكهربائي في جسم الإنسان بسبب ملامسته للأجهزة والمعدات المكهربة، وذلك من جراء التماس كهربائي بين الطور المغذي للجهد الكهربائي والجسم المعدني أو هيكل الأجهزة والمعدات الكهربائية. وينتج عن الصعقة الكهربائية أضراراً تتراوح من بسيطة إلى شديدة قد تؤدي إلى الوفاة، وذلك اعتمادا على شدة التيار، وفترة التعرض أي مدة سريان التيار في الجسم، والحالة الصحية للمتعرض، وعمره، وشدة مقاومته الخاصة للصعق الكهربائي.

● **التأثير على جسم الإنسان**

تسبب الصعقة الكهربائية ثلاثة آثار هي:

■ **الأثر الحراري**: ويتمثل في حروق - من بسيطة إلى شديدة - تصيب الأجزاء الخارجية للجسم، وسخونة الأوعية الدموية.

■ **الأثر الكيميائي**: ويتمثل في تحلل الدم والسوائل الحيوية الأخرى؛ مما يؤدي إلى تكسير تركيبها الفيزيائي والكيميائي.

■ **الأثر الأحيائي**: ويتمثل في تهييج الخلايا والأنسجة الحية وتقلصات تشنجية غير إرادية للعضلات، تشمل عضلات القلب (الأذين والبطين)، والجهاز التنفسي (الرئتين)؛ مما يؤدي إلى تمزق الأنسجة، واختلال عمليتي التنفس والدورة الدموية، وبالتالي الوفاة. يوضح جدول (١) التأثير الإحيائي للتيار الكهربائي على جسم الإنسان.

قيمة التيار (مللي أمبير)	تأثير التيار على جسم الإنسان
أقل من ١	لا يتأثر.
من ١ – ٨	تقلص غير مؤلم للعضلات، ويمكن للشخص المصاب التخلص من مصدر التيار.
من ٨ – ١٥	تقلص مؤلم، ولكن يمكن التحكم في العضلات والتخلص من التيار بدون مساعدة خارجية.
من ١٥ – ٣٠	يشتد الألم ويفقد المصاب التحكم في العضلات ويحتاج لمساعدة خارجية.
من ٣٠ – ٥٠	ألم شديد وتقلص شديد للعضلات، وصعوبة شديدة في التنفس.
من ٥٠ – ١٠٠	اختلال في وظيفة القلب يمكن أن يؤدي إلى الوفاة لدى بعض المصابين.
من ١٠٠ – ٢٠٠	توقف القلب عن العمل لا تجدي - غالباً - المساعدة الطبية.
أكبر من ٢٠٠	حروق شديدة وتقلص تام لعضلة القلب.

■ جدول (١) التأثير الأحيائي للتيار الكهربائي على جسم الإنسان.

● **درجة الخطورة**

تعتمد درجة خطورة الصعق الكهربائي على العوامل التالية:

■ **مسار التيار في الجسم**: ويتحدد بمنطقتين (أو نقطتين) هما: مكان دخول التيار وخروجه. وقد يكون هذا المسار قصيراً بين نقطتين على اليد أو القدم، أو طويلاً من اليد إلى القدم، أو من يد إلى يد وهو المسار الأكثر خطورة؛ بسبب مرور التيار عبر الصدر والقلب والرئتين؛ مما قد يؤدي إلى حدوث الوفاة الفورية لا قدر الله، شكل (١).

■ **شدة التيار المار في الجسم**: وتعتمد على: مقدار جهود خطوط الكهرباء التي يلامسها المصاب، فكلما كانت تلك الجهود كبيرة ازدادت قيمة التيار المار في الجسم، وبالتالي ازدادت الخطورة.

■ **المقاومة الكهربائية لجسم المصاب**: فكلما قلت المقاومة بفعل الماء والرطوبة مثلا أو الحالة العمرية أو الصحية، زادت قيمة التيار المار في الجسم وبالتالي ازدادت الخطورة.

● **الحد من مخاطر الصعق الكهربائي**

يمكن تلافي الآثار الناجمة عن مرور التيار الكهربائي في جسم الإنسان - أو ما يطلق عليه بـ «الصعقة الكهربائية» - باتباع أي من الخطين الدفاعيين التاليين:

■ **العزل الكهربائي**: ويقصد به عزل الأجزاء

من اليد إلى القدم — من القدم إلى القدم — من اليد إلى اليد — مصدر تيار

■ شكل (١) الحالات المختلفة لمسار دخول التيار وخروجه في جسم الإنسان.

المكهربة عن جسم الجهاز الخارجي أو يد المستخدم، بواسطة عوازل تختلف أنواعها تبعا لدرجة حمايتها والغرض منها.

يتضح من الجدول(٢) أن مقاومة العزل هي المقياس الأساسي لمدى القدرة على الوقاية من الصعقة الكهربائية، والتي قد تقل نتيجة لأحد العوامل الآتية: الحرارة الناتجة عن طول التشغيل، والجهود العالية، والرطوبة (المطر مثلاً)، والغبار، وقد وضعت احتياطات كافية للحد من آثار تلك العوامل، وقد تم ذكرها في مواصفات الهيئة الدولية الكهروتقنية (International Electrotechnical Commition- IEC) الصادرة بهذا الشأن.

■ **التأريض**:ويعرف بأنه توصيل الأجسام غير المخصصة لنقل التيار الكهربائي . مثل هياكل وأجسام الآلات والمحركات والحواجز الشبكية... الخ - بالخط الأرضي أو بسلك نحاسي ينتهي إلى القطب الأرضي، الذي يعد الطريق الأسهل ذو المقاومة الأقل - مقارنة بمقاومة جسم الإنسان - ويسمح بمرور التيار الكهربائي إلى الأرض عند حدوث عطل كهربائي بسبب انهيار العازلية في الآلات والأجهزة الكهربائية. يعرف القطب الأرضي بأنه عبارة عن قضيب معدني ناقل جيد للكهرباء، قد يكون قضيباً نحاسياً لا يقل مقطعه عن ٣٥ مم٢ أو قضيب من الألومنيوم لا يقل مقطعه عن ٥٠مم٢- يفضل أن يكون القضيب نحاسيا لجودة خاصية التوصيل فيه مقارنة بقضيب الألومنيوم؛ ولذلك كانت مساحة مقطعه أقل - وطوله بحدود المترين يغرس في التربة بعمق لا يقل عن متر واحد، ويتصل بالمأخذ الأرضي بسلك نحاسي معزول يخرج من الحفرة إلى سطح الأرض، ويتفرع مع التمديدات الكهربائية إلى كل المآخذ الكهربائية، وكل اللوحات والتجهيزات المعدنية المحيطة بنواقل كهربائية.

تنص كافة الأنظمة الكهربائية المختلفة وتعليمات السلامة المهنية على وجوب التأريض، الذي يهدف إلى حماية الإنسان ووقايته من الأخطار الكهربائية المحتملة بسبب الأخطاء التصميمية أو التشغيلية أو العوامل الجوية أو انهيار العزل.

● **إسعاف المصاب**

إن الشروط الضرورية لإنجاح الإسعافات الأولية للمصاب هي المعرفة الصحيحة والقدرات الكافية على تقديم المساعدة بالسرعة الممكنة من خلال ما يلي:

■ **التخليص من التيار الكهربائي**: وفيها يجب الإسراع والمبادرة إلى تخليص الأشخاص من التيار الكهربائي؛ لأن شدة الحروق ودرجتها تتعلق بالفترة الزمنية التي يتعرض فيها المصاب للتيار، وعلى المنقذ في مثل هذه الحالات اتباع ما يلي:

١- أخذ الحيطة والحذر عند وجود المصاب على ارتفاع كبير.

٢- في حالة ملامسة المصاب لسلك واحد فإنه يكفي تأريض ذلك السلك فقط.

٣- يجب أن يكون السلك الذي يستعمل لعملية قصر الدائرة مؤرضاً أولاً، ثم يرمى السلك لجسم المصاب، حتى يجعله موصولاً بالأرض.

٤- عند التعرض للصدمة الكهربائية يمكن أن تتقلص العضلات، فتضغط وتتشنج أصابع المصاب على السلك مما يصعب تخليصه منه.

٥- إن ملامسة جسم المصاب بدون وسائط حماية عازلة، يعرض الشخص المنقذ للإصابة بنفس الصدمة الكهربائية؛ وبالتالي تتعرض حياته للخطر، لذا يجب الإسراع لفصل التيار المغذي للنواقل.

■ **الإسعافات الأولية**: وتتم عندما يتعرض أي شخص لصدمة كهربائية، حيث إنه يجب الاهتمام به والعمل على إنقاذه مهما كانت حالته؛ لأنه قد يبدو طبيعياً، ولكن بعد بضع دقائق قد يسقط مغمى عليه. ولإنقاذ حياة المصاب يجب وضعه تحت المراقبة والإشراف الطبي وتقديم الأكسجين له، أو إجراء تنفس صناعي له، حتى يعود إلى وعيه. علماً أن الإسعافات الأولية تعتمد على الحالة التي يكون عليها المصاب بعد تخليصه من التيار الكهربائي، فمثلاً:

١-إذا عاد المصاب إلى وعيه، يجب وضعه في مكان مناسب ودافئ، ثم يفرش تحته ويغطي بأي نوع من أنواع الألبسة، ويترك بهدوء دون أن يزعجه أحد، مع المراقبة المستمرة لتنفسه وعمل قلبه حتى يحضر الطبيب، ولا يسمح له بالتحرك أو متابعة العمل حتى ولو كان طبيعياً.

٢-إذا فقد المصاب وعيه (حالة إغماء) مع استمرار عمل جهاز تنفسه وقلبه، فإنه يجب تمديده على أرض مريحة، ونزع الأحزمة والألبسة الضيقة، وإبعاد الأشخاص المحيطين به؛ لتأمين

نوع العزل	تعريفه والغرض منه	أقل قيمة للمقاومة المسموح بها (مليون أوم)
عزل أساسي	عزل للأجزاء المكهربة يكفل الوقاية الأساسية من الصدمة الكهربائية.	٢
عزل إضافي	عزل مستقل يستخدم بالإضافة إلى العزل الأساسي، ويكفل الوقاية من الصدمة الكهربائية في حالة انهيار العزل الأساسي.	٥
عزل مزدوج	عزل يشمل كلا من العزل الأساسي والعزل الإضافي.	٧
عزل مقوى	نظام عزل مفرد للأجزاء المكهربة يكفل درجة وقاية من الصدمة الكهربائية معادلة للعزل المزدوج.	٧

■ جدول (٢) أنواع العزل.

استنشاق الهواء النقي، والهدوء التام. ويمكن تدليك جسده ورش وجهه بالماء أو تشميمه قطعة قماش مبللة بالنشادر ريثما يحضر الطبيب.

٣-إذا كان المصاب لا يتنفس وتوقف قلبه عن العمل، فمن الضروري العمل على إعادة الحياة له بطريقة إجراء عملية التنفس الصناعي، والقيام بتدليك خارجي للقلب. ويجب التنويه إلى أن الفترة التي يمكن فيها إنقاذ حياة المصاب لا تزيد عن ٤-٥ دقائق بعد توقف القلب؛ لذا فإن تقديم الإسعافات الأولية يجب أن يكون بالسرعة القصوى، وفي مكان الإصابة إن أمكن؛ أما في الحالة التي يصعب فيها إنقاذ المصاب في مكان الإصابة، فيجب نقله فوراً إلى أقرب مكان مناسب وإجراء الإسعافات اللازمة له.

- **الوقاية من الصعق الكهربائي في المنازل**

من أهم خطوات وقاية الأفراد في منازلهم من أخطار الكهرباء، ما يلي:

١-يجب أن تكون التمديدات الكهربائية سليمة ونظامية.

٢- قبل تغيير أي مصباح كهربائي (ثريا أو فلورسنت مثلاً) أو مقابس (أفياش) يجب فصل الكهرباء عن الخطين (الطور والمحايد) بواسطة القاطع الرئيس أو بواسطة نزع المنصهرات (Fuses).

٣- قبل نزع المنصهرات يجب فصل الأحمال (الأجهزة) عن الشبكة، مثل نزع مقبس الغسالة أو السخانة.

٤- لا يجوز صيانة أو إصلاح أي آلة كهربائية توقفت عن عملها بسبب انقطاع التيار الكهربائي من الشبكة؛ لأن هذه الآلة قد تدور فجأة بمجرد عودة التيار إليها؛ مما قد يسبب تعطلها، ولذلك يلزم قطع التيار الكهربائي بفصل الآلة عن الشبكة، ثم يجرى بعد ذلك تنظيفها أو إصلاحها.

٥-يجب أن تكون جميع الأجهزة الكهربائية في المنزل مؤرضة، وفي حال عدم وجود الخط الأرضي في المنزل يجب عدم لمس الأجهزة الكهربائية، مثل الغسالة الكهربائية أو البرادة قبل أن تُقطع التغذية عنها؛ وذلك لأن جميع الظروف مهيأة للتسبب في الحوادث الكهربائية بفضل تجمع الماء والكهرباء في الآلة نفسها.

٦-يجب تنبيه أفراد الأسرة إلى أخطار الكهرباء ومنع الأطفال من العبث بالمآخذ (المقابس) الكهربائية.

٧-عند نشوب حريق – لا قدر الله – بسبب تماس كهربائي (قصر دائرة)، يجب أولاً قطع الكهرباء مباشرة من مصدرها، ثم محاولة إخماد الحريق؛ لأن صب الماء على الموصلات الكهربائية بوجود التيار الكهربائي يعد عملاً خطيراً، كما أن إخماد الحريق لا يصلح إلا بعد قطع التيار الكهربائي من منبعه.

التمـوُّر

يعرف التموُّر (Surge) بأنه تغيرات كبيرة ومفاجئة في قيم الجهود والتيارات الكهربائية في الشبكات الكهربائية، حيث تشكل التموُّرات العالية خطراً على التجهيزات؛ لأنها تسبب تجاوزاً لقيم الجهود المقننة للشبكة، ومن أهم أسباب حدوث التمورات في الشبكات الكهربائية ما يلي:

١-الصواعق، وهي تمثل أكبر خطر على الشبكات والتجهيزات؛ بسبب ما تحدثه الشحنات الكهربائية الناجمة عنها من ارتفاع مفاجئ في جهد الشبكة، ويشكل ذلك خطراً كبيراً على الآلات والتجهيزات. وتحدث الصواعق في الجو من جراء اختلاف الجهد الكهربائي بين سحابتين أو بين سحابة والأرض إذا كانت تمر قريباً منها، حيث تسمح درجة الرطوبة في الفراغ الواقع بين السحابة والأرض بتفريغ الشحنة بين السحابة وأقرب منشأة موجودة على الأرض كقمة البناء أو البرج.

يمكن أن يصل تيار الصاعقة إلى ٢٠٠ كيلو أمبير معطياً آثاراً كهرومغناطيسية وحرارية وميكانيكية على المبنى الذي يصطدم به، لذلك فإن طرق الحماية تتمثل في اتخاذ الخطوات التالية:

– تركيب مانعات الصواعق لحماية محطات التوزيع والتحويل المكشوفة.

– تركيب مفرغات صواعق على الخطوط الداخلية والخارجية.

– تركيب قرون تفريغ على المحولات.

– تركيب خطوط حماية على الخطوط الهوائية المنبثقة عن المحطة وعلى مسافة ١-٢كم.

– يتم تركيب خط حماية على طول الخط الهوائي أو على جزء منه فقط.

– تركيب مفرغات صواعق على الخط الهوائي.

– حماية المنشآت الصغيرة باستخدام مانعة صواعق، وهي عبارة عن سلك فولاذي مثبت على حوامل خشبية، يوضع على السطح في بعد لا يقل عن ٢٥ سم عنه ويمتد حتى الأرض متصلاً مع التأريض الذي لا يقل مقاومته عن ٣٠ أوم.

الجدير بالذكر أنه عند مرور تيار صاعقة غير مصرف يمكن أن تظهر على الأرض فروق جهد عالية وخطيرة على الناس، لذا يجب أن يوضع سلك التأريض في مكان غير مطروق ويبعد أكثر من ٥ أمتار عن الممرات، كما أن مصارف التيار يجب أن تكون بعيدة عن الأبواب والنوافذ.

٢- الأعطال، ويؤدي حدوثها في الشبكات الكهربائية إلى ارتفاع مفاجئ في جهدها.

٣- عمليات الفصل والوصل على الشبكة.

أخطاء التمديدات الكهربائية

هناك أخطاء كثيرة في عملية التمديدات الكهربائية في المباني، خاصة عند تنفيذها بواسطة أناس غير مؤهلين وغير مرخص لهم أحياناً. ويوضح الجدول (٣) بعض الآثار السيئة على أداء بعض الأجهزة بسبب التمديدات الخاطئة.

المواصفات القياسية في التمديدات الكهربائية

هناك حاجة ماسة إلى وجود مواصفات قياسية موحدة تسعى إلى تحقيق سلامة التركيبات الكهربائية، وتراعي كافة الاحتمالات لتأمينها؛ مما قد يحد من المخاطر والكوارث التي قد تحدث بسبب التهاون والإهمال، وعدم الأخذ بأسباب الحيطة وتدابير الأمن والسلامة الواجب تطبيقها ومراعاتها. فضلاً عن ذلك يجب أن تعالج تلك المواصفات الآثار السلبية التي تنجم عن سوء تنفيذ التمديدات الكهربائية في المباني، وما ينتج عنها من خسائر مادية وبشرية؛ بسبب نشوب الحرائق أو حوادث الصعق

الجهاز الكهربائي	دلائل سوء التمديدات الكهربائية
الأنوار	إضاءة خافتة عند تشغيل أيّ جهاز، مثل: المكيف، أو المدفأة، أو سخان الماء؛ نتيجة لعدم التوازن في الأحمال.
المكواة، المدفأة، سخان الماء، الغسالة، النشافة، الفرن، محمّصة الخبز، غسالة الصحون	لا تبلغ الأجهزة درجة حرارتها المناسبة نتيجة لحدوث انخفاض في الجهد الناشئ عن عدم تناسب مقاس الموصلات المغذية لهذه الأجهزة مع التيار المار بها.
المقبس	التماس المقبس عند إدخاله وسخونته عند تحميله بعدة أجهزة في آن واحد.
المروحة	لا تبلغ سرعة دوران المحرك مداها (أي لا تدور المروحة بالسرعة المطلوبة)؛ وذلك نتيجة لهبوط الجهد الناشئ عن التحميل الزائد.
المصهر (الفيوز)، قاطع الدائرة	ينصهر المصهر (الفيوز) ويفتح قاطع الدائرة لزيادة التيار عن الحد الكافي للمصهر وقاطع الدائرة الناتج من زيادة التحميل.
التلفزيون	تقليص (تشويش) الاستقبال وانكماش الصور نتيجة لهبوط الجهد.
المكيف	انخفاض كفاءة التبريد نتيجة لتحميل دائرة المكيف بدوائر أجهزة أخرى.
مفاتيح الأنوار	تسخن بسبب التماسها أو سوء عزلها.
الموصلات (الأسلاك والكابلات)	عند زيادة التيار تسخن وتنصهر عازليتها وتصبح عرضة للالتماس أو نشوب الحريق أو التسبب في الصعق الكهربائي.

■ جدول (٣) آثار سوء التمديدات الكهربائية على أداء الأجهزة الكهربائية.

الكهربائي المميتة، إذ ثبت من إحصائيات الدفاع المدني أن ما نسبته ٣٧٪ من أسباب الحريق يعزى إلى سوء التمديدات الكهربائية، بالإضافة إلى جهل الكثيرين باستخداماتها السليمة والآمنة وما ينطوي على ذلك من مخاطر وكوارث محتملة.

لقد أولت الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (وهي الجهة المعنية بذلك) اهتماماً خاصاً بإعداد مواصفات للتمديدات الكهربائية في المباني، فأصدرت عام ١٤٠١ هـ مواصفتين قياسيتين خاصتين بتدابير الأمان في التمديدات الكهربائية في المباني السكنية وطرق اختبارها، ولكن نظراً لغياب الجهات التنفيذية والإشرافية والرقابية فلم تجد هاتان المواصفتان طريقهما للتطبيق والإلزام. ونظراً لمضي وقت طويل على صدور هاتين المواصفتين، وغيابهما عن معالجة الآثار الناجمة عن أخطاء التمديدات الكهربائية، فقد سعت الهيئة مرة أخرى إلى تحديثهما وتحسينهما، وذلك بتبني سلسلة مواصفات صدرت عن الهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC364) الخاصة بالتمديدات الكهربائية في المباني، وقد تم اعتماد ١٣ مواصفة منها حتى الآن، ركزت على معايير واعتبارات السلامة والأمان الواجب تطبيقها والالتزام بها عند القيام بتنفيذ التمديدات والتركيبات الكهربائية.

يلاحظ أن جميع المواصفات تُركز على عامل السلامة وضرورة اتخاذ جميع التدابير المكنة لمراعاتها، سواء في تصميم الموصلات (الأسلاك والكابلات)، أم في التمديدات والتركيبات، واختيار أجهزة التحكم والأمان، وحيث إن للكهرباء نظرياتها وقوانينها ومفاهيمها وطرق استخداماتها المتعددة فلا شك أن كثيراً من مستخدميها والمتعاملين معها يجهلون الكثير عنها، وبالتالي لا يُقدّرون مخاطرها وكوارثها المدمرة، ومن هنا تبرز الحاجة نحو القيام بتثقيف المستهلك، وتوعيته، وتبصيره، وتوسيع أفقه، وزيادة مداركه عن مدى الأخطار الكامنة الناجمة عن سوء التركيبات الكهربائية، وقد يتم هذا عن طريق المحاضرات والندوات والمقالات الصحفية والبرامج الإذاعية والتلفزيونية، كذلك لا بد من تجاوب وتفهم وتعاون بعض الجهات ذات العلاقة، مثل: شركات الكهرباء والإدارات الحكومية المعنية بقطاع الكهرباء للتأكيد على تطبيق المواصفات والالتزام بتنفيذها.

المراجع

١-**عبدالله محمد الشعلان**: «السلامة والأمان في التركيبات الكهربائية»، نشرة الشركة السعودية للكهرباء (فرع المنطقة الوسطى)، العدد (٢١٠)، ربيع الأول ١٤٢٠هـ.

٢- **عبدالله محمد الشعلان**: "تدابير الأمن والوقاية في التمديدات الكهربائية"، مجلة المستهلك، مجلد ٦، عدد ٢٢، رجب ١٤٢١هـ، ص بين ٢٠ و٢١.

٣-**عبد الله محمد الشعلان**: «العزل الكهربائي والتأريض خطان دفاعيان لتلافي الصعقة الكهربائية»، تحقيق صحفي بجريدة الجزيرة، العدد (١٠٥٩٨)، ١٧ رجب ١٤٢٢هـ.

٤-**عبد الله محمد الشعلان**: «وداعًا ١١٠ و٢٢٠ أهلاً بـ ٢٣٠ فولت»، مجلة المعرفة، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٤م، صص ٢٤-٣١.

٥-**عبد الله محمد الشعلان**: «استخدامات الكهرباء من منظور أمني»، ورقة عمل قدمت في ورشة العمل التي نظمتها الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة يوم الاثنين الموافق ١٤٣٠/٠٣/٢٦ هـ (٢٠٠٩/٠٣/٢٣م).

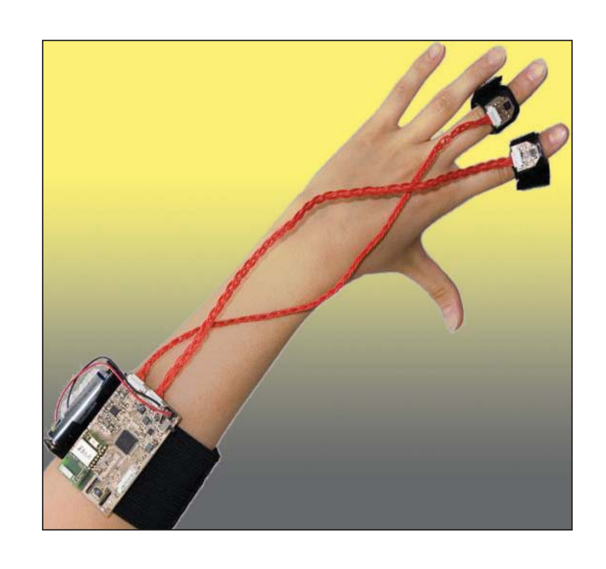
٦-مجموعة شنايدر الصناعية بالرياض، «الحماية من الصعقة الكهربائية، دليل التركيبات الكهربائية، الملحق (ز)»، ١٤١٦هـ (١٩٩٦م).

٧-كود البناء السعودي: «قواعد وأنظمة السلامة في التمديدات الكهربائية. وزارة الشئون البلدية والقروية، ١٤٢٧هـ.

٨-متطلبات السلامة للأجهزة الكهربائية المستخدمة في الأغراض المنزلية وما شابهها، مواصفة قياسية سعودية رقم ٢٠٠١/١٩٧٧م، الجزء الثاني: متطلبات خاصة.

:: الجديد في العلوم والتقنية ::

ابتكار جهاز للكشف عن التوتر



نجح باحثون بمعهد زيورخ للتكنولوجيا بسويسرا (Swiss Ferderal Institute of Technology -ETH)، في تطوير جهاز إلكتروني يساعد في رصد مستويات التوتر على مدار الساعة في حياة الإنسان اليومية ، ويأتي هذا الابتكار كخطوة إيجابية لخفض حالات الإنهاك والاكتئاب بشكل فعّال، والذي يأتي في المرتبة الثانية من بين أكثر الأمراض الصحية الناجمة عن ضغوط العمل في دول الاتحاد الأوروبي.

يساعد استرخاء الجسم على التكيف مع ضغوط الحياة والعمل، وعلى سبيل المثال إذا لم يتمكن الكائن الحي من الاسترخاء واسترداد وضعه الطبيعي (غير المجهد) ، واستمرت ردة فعل الإجهاد فترة طويلة؛ فستتولد آثار عكسية مثل أمـــراض القلب (Cardovascular disease) أو المرض النفسي (Mental illness).

قام بيرت آرنك (Bert Arnich) الباحث بمختبرات أبحاث الإلكترونيات التابع لمعهد زيورخ للتكنولوجيا ، بالتعاون مع زملاءه الباحثين بابتكار جهاز إلكتروني يساعد في تعقب وكشف مستويات التوتر والإجهاد طوال اليوم في حياة الإنسان.

استخدم **آرنك** وزملاؤه مؤشرات مختلفة لتعيين مستويات الإجهاد وذلك عن طريق موصلات خاصة توضع في أصابع اليد والذراع وتقيس معدلات نبضات القلب والتنفس إضافة إلى كمية الهرمون المسؤول عن الإجهاد الكورتيزول (Cortizol) في اللعاب . علاوة على ذلك يمكن لهذا الجهاز قياس ضغط الدم ورصد حركة العضلات في الذراع والساق وبطن القدم عن طريق حساسات الضغط (Pressure sensors).

قام **آرنك** وفريقه البحثي بعمل دراسة تطبيقية موسعة على مجموعة من الأشخاص بهدف قياس دقة عمل الجهاز المبتكر وذلك بالتعاون مع **روبيرتو لاماركا (Reberto la Marca)** أستاذ الفسيولوجيا بمعهد الفسيولوجيا التابع لجامعة زيورخ.

تم إخضاع ٣٠ شخصاً لهذه الدراسة حيث تم تثبيت حساسات على كرسي كل مشارك (بهدف قياس ضغط الدم وحركة عضلات الجسم) ، كما أعطي كل مشارك اختبار عبارة عن أسئلة رياضيات خاصة لإجابتها وذلك على جهاز كمبيوتر أمام كل مشارك، ومن ثم تمت إضافة المزيد من الأسئلة الأكثر صعوبة وذلك للمشاركين الذين تجاوزوا الاختبار الأول حيث نجح أقل من نصف المشاركين، كما تم بعد ذلك طباعة وتوزيع ملاحظات متعلقة بنتائج ذلك الاختبار بواسطة جهاز كمبيوتر خاص بهدف قياس ردة فعل المشاركين وتوترهم، حيث تضمنت تلك الملاحظات ردود فعل قاسية على المستوى المتواضع للمشاركين في الدراسة.

أظهرت النتائج أن جهاز تعقب التوتر والإجهاد قد عمل بشكل جيد، حيث أمكن تحديد مستويات الإجهاد بدقة في ٨٣٪ من المشاركين بمساعدة خواص الجلد التوصيلية حيث إنه من المعلوم علمياً أن الغدد العرقية في الجسم ينشط إفرازها عند تعرض الإنسان للإجهاد والتوتر.

يشير **آرنك** إلى أن حساسات الضغط المثبتة على كراسي المشاركين أوضحت النتائج بدقة وكشفت عن ٧٣٪ حالة إجهاد من بين جميع المشاركين، ويضيف قائلاً : إن الاعتماد على طريقة واحدة ليس كافيا للحصول على معلومات موثقة ودقيقة جداً عن حالات التوتر والإجهاد، إلا أن هذا الابتكار هو نقطة الانطلاق، حيث يمكن من خلاله تقديم تأكيدات حول مستوى الإجهاد لدى كل مشارك بعد استبعاد العوامل الأخرى التي تسبب التعرق، مثل: التمارين الرياضية .

يذكـــر **جيرهارد تروستر (Gerhard Troster)** البـــاحث المساعد وأحد أعضاء الفريق البحثي – المشرف على هذا الابتكار – أنه يعكف حالياً على تطوير حساسات للكشف عن التوتر والإجهاد لدى رجال إطفاء الحريق (Fire Fighters)الذين يعملون تحت ضغط نفسي شديد.

وتشير مجموعة **آرنك** إلى أهمية إجراء التجربة للأشخاص المصابين بحالات الاكتئاب الهوسي (Manic depressive disorders)، وذلك لتحديد شدة ومستوى الاكتئاب لديهم، ويؤمل **آرنك** في قدرة هذا الابتكار على دعم أطباء العلاج النفسي، كما ان هناك بعض الأبحاث لاتزال قائمة لتطبيق اختبار هذا الجهاز لدى الموظفين لتقييم مستويات الإجهاد المزمن لديهم والتحكم فيه .

ويعكف **آرنك** حالياً على تطوير حساسات أسهل استخداماً يمكن وضعها تحت القدمين أو على راحة اليد بحيث تقيس مستويات الإجهاد والتوتر يومياً على مدار الساعة .

المصدر:-

www.sciencedaily.com(Mar 18, 2010)

جودة الكهرباء



د. عثمان بن عبدالله النذير

شهدت المنظومات الكهربائية خلال القرن العشرين نمواً كبيراً؛ وذلك نتيجة للزيادة المستمرة في الطلب على الكهرباء. وليس من قبيل المبالغة القول بأن المنظومة الكهربائية تعد الأكبر والأكثر تعقيداً وتداخلاً في البنية التحتية لأي دولة معاصرة.

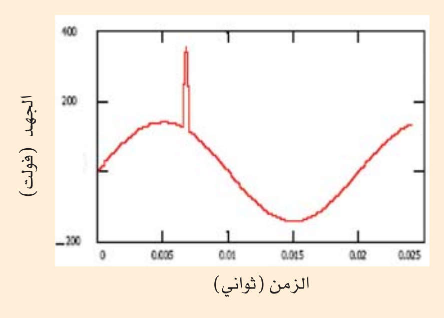
لقد تزايدت أهمية الكهرباء في الحياة العصرية بشكل كبير خلال العقود القليلة المنصرمة، إذ لم تعد مقصورة على استمرار التغذية الكهربائية، بل تجاوزتها لطلب خدمة كهربائية ذات جودة أعلى تجعل من المنظومة الكهربائية تعمل وفق ما خطط لها بدون فقد لأدائها أو نقص في عمرها الافتراضي.

أنواع مشاكل جودة الكهرباء

ظهرت مشاكل جودة الكهرباء بشكل واضح في العقود الثلاثة الماضية، وذلك بسبب تزايد استعمال الأجهزة الحساسة مثل الحواسيب، إضافة إلى المعدات والأجهزة التي تسبب هذه المشاكل، حيث تعد اضطرابات الجهد الكهربائي من أكثر أنواع مشاكل الجودة شيوعاً. ترتبط المشاكل المتعلقة بجودة الكهرباء بشكل وثيق بالاستعمال المكثف لمعدات القوى الإلكترونية في الشبكة سواء كأحمال مستهلكة، أو نتيجة لاستعمالها في جانب التوليد. ومن أهم مشاكل جودة الكهرباء مايلي :

● انفعالات الجهد

تعرف انفعالات الجهد (Voltage Transients) بأنها تغير كبير ومفاجيء للجهد في وضعه الطبيعي لفترة قصيرة (جزء من المليون من الثانية)، وهي تمثل حوالي ١٠٪ من مشاكل جودة الكهرباء وتحدث ـ عادة ـ بسبب التفريغ الساكن (Electrostatic discharge)، وتفريغات الصواعق، ودخول وخروج الأحمال الكبيرة من وإلى الشبكة. ومن أهم مشاكل انفعالات الجهد: مسح بيانات الحاسبات (مع الذاكرة RAM)، وإلحاق الضرر بالدوائر الإلكترونية والأجهزة الكهربائية، ويمثل الشكل (١) أحد أنماط الانفعالات.



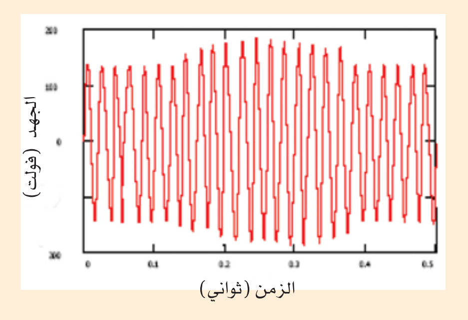
■ شكل (١) مثال على انفعال الجهد.

● تضخم الجهد

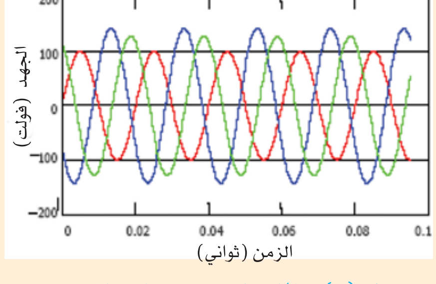
يعرف تضخم الجهد (Voltage Swell) بأنه زيادة في قيم الجهد لفترة قصيرة (أقل من دقيقتين)، أما إذا استمر هذا التضخم لفترة تتجاوز دقيقتين فإنه يصنف بأنه ارتفاع مستمر في الجهد، وهو يمثل حوالي ١٥٪ من مشاكل جودة الكهرباء، وإذا وصل التضخم لمستويات عالية؛ فإنه يؤدي إلى تلف الأجهزة الكهربائية، ومن أهم أسباب حدوث تضخم وارتفاع الجهد هو: تغيرات مستويات الأحمال الكبيرة، أو نتيجة لدخول وخروج الأحمال على خطوط الكهرباء ذات الضغط العالي وحينما يصل التضخم لمستويات عالية؛ فإنه يؤدي إلى تلف الأجهزة الكهربائية، ويوضح الشكل (٢) حالة من حالات تضخم الجهد.

● عدم اتزان و تماثل الجهد

يعرف عدم اتزان الجهد (Voltage Asymmetry) بأنه الفرق في قيم أو زاوية الجهد في النظام ثلاثي الأطوار، وقد يحدث بين الطور والطور



■ شكل (٢) مثال على تضخم الجهد.



■ شكل (٣) مثال على عدم توازن الجهد.

أو بين الطور والمحايد (Phase to Line) في نظام ثلاثي الطور. يمثل عدم اتزان الجهد ٢٠٪ من مشاكل جودة الكهرباء، وينتج عن التوزيع غير المتساوي للأحمال المغذاة من النظام أحادي الطور والتي تتغير باستمرار عبر النظام ثلاثي الطور، فضلاً عن أسباب أخرى تتمثل في: الإعاقة غير المتماثلة في ملفات المحولات، المصهرات المتعطلة، تعطل المواسعات ثلاثية الطور، وعدم التماثل في معاوقة النقل بسبب عدم اكتمال نقل الأطوار في خطوط النقل.

ينجم عن عدم اتزان الجهد في المنظومة الكهربائية: فقد للطاقة الكهربائية، وارتفاع الحرارة، وعدم الاستقرار ويكون فقد الطاقة الكهربائية كبيراً في حالة محركات الحث، حتى في الحالات التي يكون فيها عدم الاتزان منخفضاً، ويظهر الشكل (٣) حالة من حالات عدم توازن الجهد.

● **هبوط الجهد**

يعرف هبوط الجهد (Voltage Dip) بأنه انخفاض سريع لقيمة الجهد في فترة قصيرة، ومن أهم أسباب حدوثه: قصر الدائرة الكهربائية (Short Circuit – Faults) في المنظومة الكهربائية، أو في بادئات المحركات الحثية (Starting of Induction Motor). ومن المعلوم أن انخفاض الجهد بسبب دخول أحد محركات الحث يستمر وقتاً أطول من ذلك الناتج من حدوث قصر في أحد الدوائر، كما أن هبوط الجهد يتأثر بنظم التأريض المختلفة وقيمة معاوقة قصر الدائرة (Fault Impedance). كذلك تعد الصواعق من أكثر مسببات عطب وقصر دوائر النقل، ومن الأسباب الأخرى المتعلقة بهبوط الجهد تلك الأسباب المتعلقة بالطقس، والتي من الصعوبة بمكان التنبؤ بها، علماً بأن فترة حدوث الانخفاض تستغرق من ثمانية أجزاء بالألف من الثانية إلى دقيقة كاملة. كما أن هبوط الجهد يؤدي إلى عطل الأجهزة وتوقفها عن العمل خاصة في الأجهزة الحساسة، شكل (٤).

الجهد (فولت)
الزمن (ثواني)

■ شكل (٤) مثال على انخفاض الجهد السريع.

ومن المعلوم أن انخفاض الجهد له أنواع متعددة، مثل: أحادي الطور، أو عديد الأطوار، ومتوازن أو غير متوازن. تصمم معظم أجهزة مراقبة جودة الكهرباء لقياس مقدار انخفاض الجهد ومدة حدوثه وقياس القفز في زاوية الطور (Phase angle Jump)، شكل (٥)، حيث يجب مقارنة القفز في زاوية الطور مع نفس الزاوية قبل حدوث الانخفاض. ومن المعلوم بأنه

نوع الجهاز	أقل جهد (واط)	أقصى زمن (م.ث)
بادئ المحرك	٥٠	٥٠
المعالج المنطق المبرمج	٩٠-٥٠	٢٠-٨
عاكسات المحركات	٨٢	١,٥
مقوم محرك الأقراص متغير السرعة	٨٠-٥٠	٣-٢
المعالج المتحكم في الحواسيب الرقمية	٧٠	٨
المتحكم في المحركات ذات التيار المستمر	٧٠	٨
الملامسات	٨٨	٨
الأجهزة الإلكترومغناطيسية	٦٠-٥٠	٣٠-٢٠
مفتاح القطع	٥٠	١٠
مرحلات وبادئات كهرومغناطيسية	٦٠-٥٠	٤٠-١٥
محولات سبائك الحديد	٥٠	٥٠٠
الأحمال المغذاة الحساسة	٦٠	١٣٠

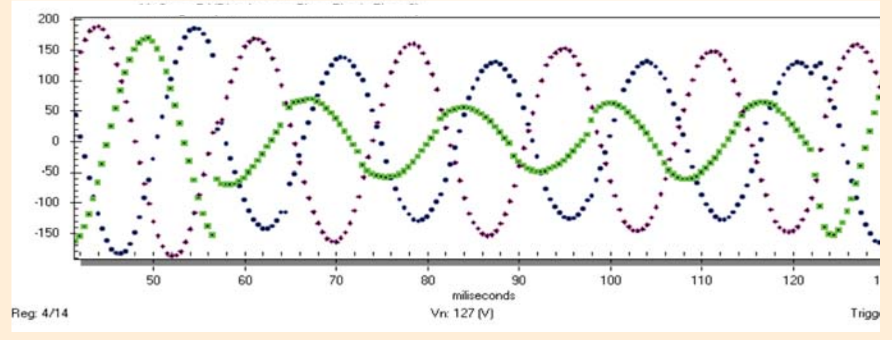
■ جدول (١) قائمة بحساسية الأجهزة الكهربائية لانخفاض الجهد.

يمكن الحصول على زاوية الطور قبل الانخفاض من نقاط العبور الصفرية (Zero Crossing) للمركبة الأساسية للجهد.

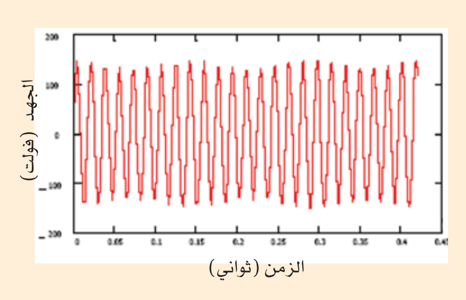
يؤدي انخفاض الجهد السريع إلى حدوث مشاكل فنية للعديد من التجهيزات الكهربائية، مثل: متحكمات السرعة في المحركات الكهربائية، وأجهزة التحكم في العمليات الصناعية، وفي الحواسيب. ويوضح الجدول (١) قائمة بحساسية بعض الأجهزة لانخفاض الجهد السريع.

● **ارتعاش الجهد**

يعرف ارتعاش الجهد (Voltage Flicker) بأنه تغيرات صغيرة تحدث في مستويات الجهد بترددات أصغر من ٢٥ هرتز. من أهم أسباب ارتعاش الجهد: تغيرات الأحمال



■ شكل (٥) مثال على قفز زاوية الطور الثاني لأحد المحولات بمقدار خمسة عشر درجة.



■ مثال على ارتعاش الجهد.

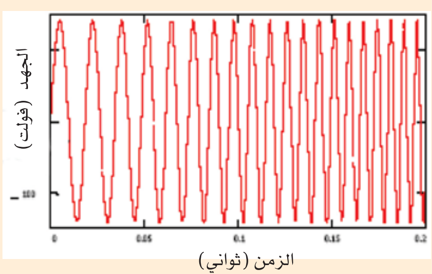
السريعة خاصة في الأفران الكهربائية واللحام الكهربائي، ومع أنه لا تحدث أضرار على الأجهزة الكهربائية والإلكترونية بسبب ارتعاش الجهد إلا أنه يعد مزعجاً؛ لأن تأثيره يظهر بشكل واضح على نظم الإضاءة؛ مما يسبب إزعاجاً للعين.

● تغيرات التردد

تعمل كل منظومة كهربائية وفق تردد خاص بها، فمثلاً تعمل المنظومة الكهربائية السعودية على تردد ٦٠ هرتز، كما تعمل المنظومة الكهربائية الأوروبية على تردد مقداره ٥٠ هرتز. بينما يكون التردد في المنظومات الكهربائية الضخمة مثل المنظومة الأوروبية مستقراً بشكل كبير، ونادراً ما يكون هناك انحراف عن التردد الأصلي، فإن المنظومات الصغيرة - خاصة التي يتم تغذيتها من مولد أحادي في الموقع (توليد معزول) - من انحرافات بالتردد، والتي من الممكن أن تسبب أضراراً للأجهزة الإلكترونية والكهربائية وخاصة المحركات. يوضح الشكل (٦) حالة من حالات تغيرات التردد.

● التوافقيات

تعرف التوافقيات بأنها موجات دورية تحدث للجهد (الفولتية) أو التيار، تحدث بترددات



■ شكل (٦) مثال على تغيرات التردد.

من مضاعفات تردد الموجة الأساسية، بحيث تكون من مضاعفات ٦٠ هرتز كما هو الحال في المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية، أو من مضاعفات ٥٠ هرتز كما هو الحال في أوروبا.

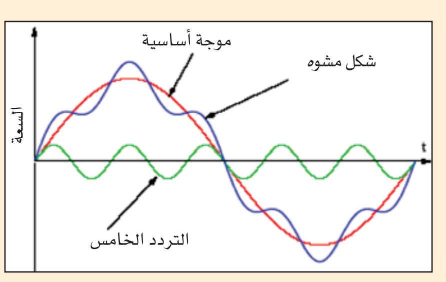
حينما تتراكب (Superimposed) الموجات التوافقية مع الموجة الأساسية سواء في الجهد أو في التيار القادم من نظام التغذية الكهربائية؛ يحدث تشوه في الموجة، كما هو موضح في الشكل (٧). ويمكن القول بأن التشوه الناجم عن التوافقيات بمثابة الانحراف للجهد أو التيار من الموجة الدورية المثالية، ويظهر ذلك حينما تتم إضافة مضاعفات قيمة الأعداد الصحيحة للتردد الأصلي للجهد أو التيار، ينشأ تشوه التوافقيات أساساً من أجهزة الحاسب الآلي، وأجهزة القوى الإلكترونية مثل: مقومات التيار (Rectifiers)، وأجهزة التحكم في سرعة المحركات الكهربائية (Adjustable Speed Drive – ASD)، حيث يتسبب في حدوث الأعطال للحواسيب، وارتفاع في درجة حرارة المحولات والمحركات والكابلات الكهربائية، إضافة إلى ارتفاع مستوى الضوضاء. كما تؤثر التوافقيات على أجهزة العرض مثل التلفزيونات، وتعمل على حدوث أخطاء في أجهزة القياس الإلكترونية.

■ أسباب نشوء التوافقيات: ومن أهمها:

- **الأحمال غير الخطية**: والتي يتغير فيها شكل موجات التيار والجهد المغذي لها إلى أشكال غير دورية، مثل الحواسيب والمحركات ذات السرعات المتغيرة المستعملة بكثرة في المكيفات، وكذلك وحدات الفلورسنت المستعملة في الإضاءة، إضافة إلى طابعات الليزر وأجهزة الفيديو.

- **أجهزة اللحام بالقوس** (Arcing Devices): وتعد من أشهر الأجهزة التي تنتج توافقيات الجهد.

- **الدوائر المغناطيسية**: مثل المحولات التي تنتج



■ شكل (٧) مثال على كيفية تشوه الموجة.

موجات مشوهة وخاصةً حين يعمل قلب المحول في المنطقة غير الخطية له.

- **أجهزة القوى الإلكترونية**: وتنتج أشكال غير دورية ومشوهة للموجات مثل أجهزة تقويم التيار المتّحكم بها بالسليكون الثيراستورات (Thyristors) تنتج أشكال غير دورية ومشوهة للموجات.

■ التوافقيات في نظم الاضاءة: وفيها يعمد مستهلكو الكهرباء إلى استبدال وحدات الإضاءة التقليدية بأخرى عالية الكفاءة مثل لمبات الإضاءة المدمجة، وذلك رغبة في ترشيد استهلاك الكهرباء، وكذلك تبديل البالاست المغناطيسي (Magnetic ballast) بأخر إلكتروني. وتعد وحدات الإضاءة المكونة من لمبات التفريغ ولمبات الفلورسنت من مسببات توافقيات التيارات؛ حيث تتعدى التوافقية من الدرجة الثالثة أكثر من ١٠٠٪؛ مما يجعل المحايد يقوم بنقل المجموع الجبري للتوافقية الثالثة في المنظومة ذات الأطوار الثلاثية وبذلك ترتفع درجة حرارة المحايد - خاصة - إذ لم يتم تصميمه بطريقة تسمح بتحمل مثل هذه التيارات.

■ التوافقيات في المحايد: وفيها يكون التيار في المحايد عبارة عن المجموع الجبري للتيارات المارة بالأطوار الثلاثة الأخرى، وذلك في النظام الكهربائي ثلاثي الطور، (Three-phase system) والذي تم عمله على شكل حرف (Y) وحينما تكون التيارات الدورية المارة في الأطوار الثلاثة في حالة اتزان؛ فإن

المجموع الجبري لها سوف يكون صفراً في أي نقطة داخل المحايد وكذلك في أي وقت. ولكن مايحدث في معظم الأحيان أن التيار ليس صفرياً في المحايد؛ لعدم اتزان الأحمال على الأطوار الثلاثة الناتج من تغيرات الأحمال المغذاة، وفي معظم الأحيان وحتى إن لم يكن صفرياً - يكون ذا قيم صغيرة لاتقارن بالتيار المار بالطور، وفي أحيان أخرى يكون فيه التيار المار بالمحايد عالياً جداً عندما تكون هناك نسبة كبيرة من التوافقيات.

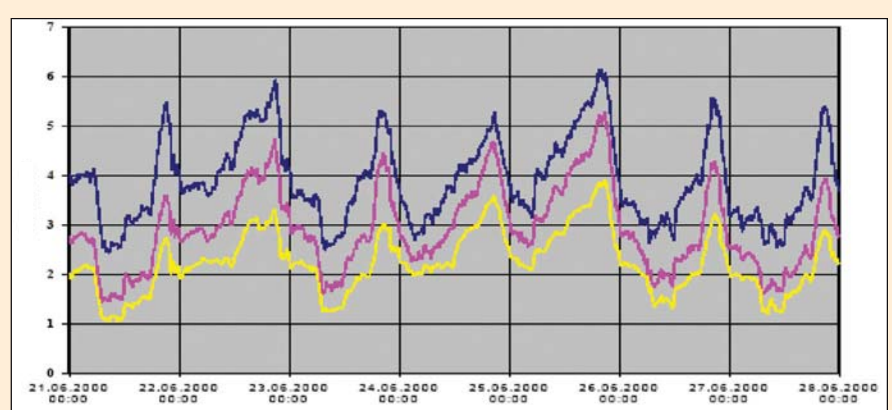
■ **تاثيرات التوافقيات:** ومن أهمها:

- **التأثير على الموصلات** (Impact on Conductors): حيث إنه كلما مر التيار التوافقي في موصل ما، سوف يقود إلى زيادة في فقد الكهرباء، وكذلك يرفع درجة حرارة الموصل.

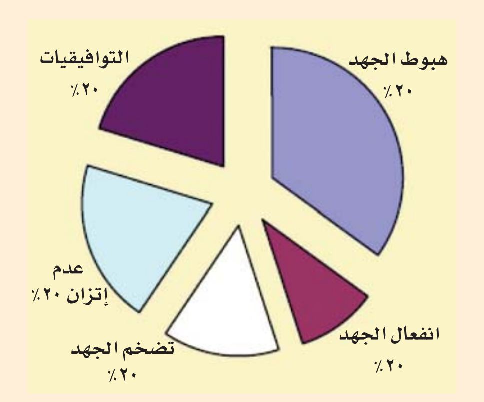
- **التأثير السطحي** (Skin Effect): ويكون بسبب أن التيار المتناوب (المتردد) يسري في السطح الخارجي للموصل وهذا ما يعرف بالأثر السطحي، حيث يظهر بشكل واضح في الترددات العليا. وعادة يتم إغفاله، ولكن عندما يزداد التردد ويصل إلى أعلى من ٣٠٠ هرتز (التوافقية الخامسة فما فوق)، فإنه يؤدي إلى زيادة في فقد الطاقة الكهربائية إضافة إلى رفع درجة حرارة الموصلات؛ لذا يتعين على المصممين أخذ هذا في الاعتبار عند تصميم الكابلات ورفع سعتها لكي تستوعب الأثر السطحي. أما إذا كانت الترددات منخفضة (٦٠ هرتز) كالتي تعمل عليها الشبكة السعودية، فإن التردد ويمكن إهماله.

- **التأثير على المواسعات** (Impact on Capacitors): وينشأ عندما يكون الجهد المطبق على طرفي المواسع ذي شكل موجي مختلف عن الشكل الموجي للتيار؛ وذلك حينما يحمل المواسع تياراً مشوهاً من التوافقيات؛ مما ينجم عنه فقد الطاقة الكهربائية من خلال العازل الذي يفصل بين طرفي المواسع.

- **التأثير على محولات القوى** (Impacts on Power Transformer): ويؤدي بشكل كبير في زيادة حرارة المحولات؛ لذا يتعين على مصممي المحولات أن يأخذوا في الاعتبار أثر الترددات العالية الناشئة من التوافقيات، وللتقليل من هذا الأثر يجب عليهم التبديل المستمر للكابلات، أو حتى تبريدها. وبشكل عام فإنه عندما يزيد مستوى التوافقيات عن ٥٪ أعلى من الموجة الأصلية فإنه يتعين تحميل المحول بأقل من طاقته القصوى عليها؛ لتلافي ارتفاع درجة الحرارة. وبشكل عام فإن الأضرار التي تحدث في المحول نتيجة التوافقيات تشمل زيادة فقد الطاقة (Harmonics Power Loss–HPL)، وزيادة الفقد الناشيء من تيارات إيدي (Eddy) ومن زيادة مرور الدفق المغناطيسي في ملفات



■ شكل (٨) مثال على التوافقيات الخامسة في نظم توزيع الكهرباء في النمسا على مستوى جهد مختلفة من ٤٠٠فولت و٣٠ كيلوفولت ١١٠ كيلوفولت على مدى أسبوع.



■ نسب مشاكل جودة الكهرباء حسب النوع.

المحول، وكذلك زيادة الفقد الناتجة من قلب المحول (Core Losses).

من جانب آخر تعمل التوافقيات على تشوية موجة الجهد في المحول، حيث يزيد الإجهاد على عوازل المحول، ويحدث تداخل مع دوائر الاتصالات الكهربائية، إضافة إلى ظهور رنين في الجهد.

- **التأثير على شبكة الكهرباء:** حيث دلت القياسات العديدة التي تمت على الشبكة الكهربائية أن هناك علاقة بين استعمال أحمال كهربائية بعينها - مثل أجهزة التلفزيون - وظهور التوافقيات في الشبكة . كما أظهرت القياسات على المدى القصير والمتوسط ظهور أثر تراكمي من التوافقيات الناشئة من هذه الأجهزة، ويوضح شكل (٨) التوافقية الخامسة، والتي تم قياسها على جهود مختلفة من الجهد ١١٠ كيلوفولت وجهد ٣٠ كيلو فولت وكذلك الجهد ٤٠٠ فولت، حيث أظهرت القياسات زيادة كبيرة في التوافقية الخامسة في المساء هذا الوقت يصادف بداية مشاهدة التلفزيون - وتتناقص قيمة التوافقية في نهاية المساء حوالي الساعة العاشرة مساء، ويظهر الشكل كذلك انتقال التوافقية الخامسة من مستوى الجهد المنخفض إلى أعلى منه حتى يصل للجهد ١١٠ كيلو فولت.

مراقبة جودة الكهرباء

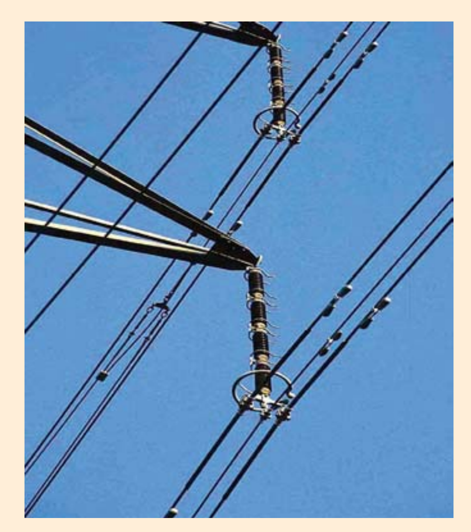
يعتقد المستهلك - أحياناً - أن أجهزته تعمل بشكل طبيعي، وأنه لا مشاكل تعتريها، لكن لا يمكن التأكد من ذلك بدون المراقبة المستمرة لاستهلاك هذه الأجهزة للكهرباء (Power Monitorin). وفي دراسة أجريت بواسطة معهد أبحاث القوى الكهربائية في الولايات المتحدة خلص الباحثون إلى أن أكثر من ٨٠٪ من مشاكل جودة الكهرباء تحدث داخل منشأة المستهلك، وبناء على هذا فإن معظم شركات الكهرباء تنصح المستهلكين مالكي المنشآت الصناعية المتوسطة والكبيرة بتركيب أجهزة مراقبة جودة الكهرباء داخل منشآتهم؛ بهدف رفع درجة الاعتمادية للمنظومة، وإلى إدارة أفضل لاستهلاك الكهرباء، والتخطيط الجيد لصيانة المنظومة، وخفض تكاليف تشغيل المنظومة الكهربائية.

يعمد المهندسون في مرحلة التصميم - عادة - إلى عمل محاكاة عبر الحواسيب للمنظومة الكهربائية وقدرة تحملها على المشاكل العديدة التي قد تصيبها من مشاكل جودة الكهرباء. وفي حالة حدوث مشكلة فإنه يتم اللجوء إلى مراقبة الشبكة لتحديد ماهية المشكلة أولاً، ومن ثم توصيفها بشكل دقيق وتوصيف الأحمال التي تضررت من جراء هذه المشكلة. وتتم عملية المراقبة عبر أجهزة متقدمة تستعمل لغرض وضع علامات قياسية لأداء المنظومة، ووضع مؤشرات الاعتمادية على الشبكة، ووضع أولويات لمشاكل جودة الكهرباء التي يتعين حلها بحسب ماتسمح به الميزانية من استثمارات رأسمالية، وبالتالي تحديد الأجهزة التي سوف يتم تركيبها للتخلص من مشاكل جودة الكهرباء، حيث إن هناك متطلبات يجب مراعاتها لعمل مراقبة الجودة لكل نوع من أنواع مشاكل الجودة.

وتوضع هذه الأجهزة عادة في محطات التحويل (Substations) وفي أماكن ربط العميل مع شركة الكهرباء، وكذلك بجانب الأحمال. وتختلف فترة القياس بحسب طبيعة المشكلة، حيث يمكن أن تكون قياساً لحظياً أو ذات فترة طويلة، علماً أن أي جهاز يستعمل للمراقبة يجب أن يشتمل على برمجيات لجمع البيانات وتصنيفها، وكذلك على قاعدة للبيانات لتخزين البيانات المجمعة و برمجيات لتحليل البيانات ورسم النتائج.

مواصفات جودة الكهرباء

قامت العديد من دول العالم بإلغاء الاحتكار التكاملي الرأسي - والذي كان يشمل قطاعات التوليد والنقل والتوزيع وخدمات العملاء في شركة واحدة - نتيجة للتغيرات الاقتصادية خلال العقود القليلة الماضية. كما بدأت عملية فصل التوليد لعدة شركات متنافسة، وكذلك التوزيع وخدمات العملاء ومن هنا بدأت عملية تحديد المسؤول عن جودة الكهرباء تصبح أكثر صعوبة؛ لتعدد الأطراف بدلاً من الاقتصار على طرفين كما كان سابقاً، وهما: العميل ومرفق الكهرباء الاحتكاري. ونتيجة لذلك - ولتطوير طريقة للتواصل وتبادل المعلومات بين جميع الأطراف - فقد تزايدت الحاجة لإيجاد مصطلحات مشتركة



لتوصيف مشاكل الجودة، بحيث تكون مفهومة للجميع، ومن هنا بدأت العديد من الجمعيات المهنية تطوير مواصفات لجودة الكهرباء لكي تساعد في تعاون جميع الفرقاء من عملاء الكهرباء وشركات الكهرباء وكذلك المصنعين للأجهزة الكهربائية؛ وذلك بغية تشكيل أسس مشتركة لتقييم جودة الكهرباء، سواء من حيث أداء شبكة الكهرباء أو من حيث أداء الأجهزة الكهربائية المرتبطة بالشبكة. وسوف تساعد هذه المواصفات على تفادي الالتباس بين جميع الفرقاء وفي وصف وتصنيف نتائج المراقبة والقياسات، كما تسمح بالتحليل الإحصائي للبيانات الواردة من مصادر متعددة، وتسهيل الاتصال حينما يتم توصيف أحد مشاكل الجودة.

تساهم المواصفات التي تم تطويرها في تثقيف الجميع ووضع مقاييس للأداء، وتطوير حلول جديدة لمشاكل الجودة . حيث يتمثل دورها في الوصف الدقيق لأداء المنظومة الكهربائية، ووضع الطرق الإجرائية الناجعة في حل مشكلات جودة الكهرباء، إضافة إلى تحديد المسؤوليات بين جميع الفرقاء.

من جانب آخر يجب أن يكون هناك توازن في الاحتياجات المختلفة للعملاء من الكهرباء الموزعة - فقد يكون هناك تفاوت في حاجات الأحمال لأنواع مختلفة من الأجهزة الكهربائية بعضها من حيث الحساسية - وعلى أساس ذلك يتم تحديد الجودة والسعر، وبما أن رفع مستوى الجودة بشكل كبير سوف يزيد من سعر الكهرباء دون فائدة لقطاع كبير من المستهلكين؛ فإنه يتم توزيع الكهرباء من ضمن مواصفات مقبولة وعلى الأحمال الخاصة والحساسة بهدف رفع مستوى جودة الكهرباء داخل منشأتها للوصول إلى النقطة التي يتحقق معها مستوى مقبول من الجودة مع مستوى مقبول من سعر الكهرباء.



ترشيد استهلاك الكهرباء بالمملكة

د. يوسف اليوسف





أدى التطور الاقتصادي والاجتماعي في المملكة العربية السعودية خلال العقدين الماضيين إلى تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بمعدلات عالية (٦ – ٧٪ سنوياً)، حيث بلغ الحمل الأقصى (٣٤٩٤٣ ميجاواط) خلال العام ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)، مقارنة بـ (٨٤٨ ميجاواط) في عام ١٣٩٥هـ (١٩٧٥م)، بزيادة تعادل أكثر من ٤١ ضعفاً. كما بلغت قدرة التوليد المتاحة (٣٧٤٨٢ ميجاواط) خلال العام ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م).

وبحسب خطة الكهرباء طويلة الأمد المحدثة فمن المتوقع أن يرتفع الحمل الأقصى وقدرة التوليد في عام ٢٠٢٣م إلى حوالي (٥٩٢٠٠ ميجاواط)، (٦٦٤٠٠ ميجاواط) على التوالي.

يتناول هذا المقال التحديات التي تواجه المملكة في ترشيد استهلاك الكهرباء، والجهود المبذولة للتغلب على تلك التحديات.

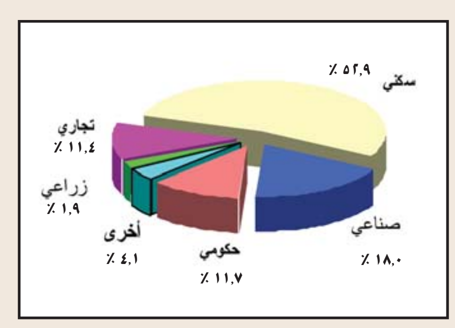
التحديات

شهد عام ١٩٩٨م بداية تحول جديد في تاريخ قطاع الكهرباء في المملكة العربية السعودية، بصدور قرار مجلس الوزراء رقم (١٦٩)، الخاص بإعادة هيكلة قطاع الكهرباء، وتشغيله على أسس تجارية واقتصادية ودمج شركات الكهرباء في شركة واحدة (الشركة السعودية للكهرباء)، وإلغاء الدعم الحكومي المقدم لشركات الكهرباء، وتمكين القطاع الخاص من التنافس في إنشاء وإدارة مشاريع الطاقة الكهربائية في المملكة.

ومنذ صدور القرار بدأ قطاع الكهرباء يعمل جاهداً لمواجهة التحديات التي تواجهه في ظل المستجدات الناجمة عن هذا القرار، وتتمثل أهم تلك التحديات فيما يلي:

● التحديات الفنية

من أهم التحديات الفنية التي تواجه قطاع الكهرباء، التفاوت الكبير في الأحمال اليومية، خلال ساعات اليوم نفسه، والتفاوت الكبير في استهلاك الطاقة الكهربائية أثناء بعض الفصول، مثل فصل الصيف مقارنة بالفصول الأخرى، حيث يضطر معظم المشتركين إلى تشغيل وإيقاف أجهزة التكييف تبعاً لتغير درجات الحرارة؛ مما يضطر الشركة السعودية للكهرباء إلى توجيه الاستثمارات المالية الكبيرة لبناء وتشغيل بعض محطات التوليد – خصوصا المولدات الغازية – والتي تتميز بالكفاءة



■ شكل (١) توزيع الطاقة الكهربائية المبيعة حسب فئات الاستهلاك خلال عام ٢٠٠٧م.

المنخفضة لمواجهة أحمال الذروة فقط. ويبين شكل (١) أن القطاع السكني يستهلك طاقة كهربائية تفوق ما تستهلكه باقي القطاعات مجتمعة في المملكة.

● التحديات المالية

أظهرت الخطة طويلة الأمد المحدثة لقطاع الكهرباء – قام بها القطاع بالتعاون مع إحدى الشركات العالمية في هذا المجال – أن الاستثمارات المالية المطلوبة لمجابهة أحمال الذروة حتى عام ٢٠٢٣م تعادل ٣٤٠ مليار ريال سعودي.

ليس من السهل توفر المبلغ المذكور من قبل المؤسسات المالية لتقوم بالمساهمة في مشروعات التوليد والنقل والتوزيع، حيث هناك عدة معوقات من أهمها:

١- غياب الوعي بالتحديات المالية لدى معظم المشتركين.

٢- غياب التشريعات المشجعة على ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، والتي بدورها لا تشجع المؤسسات المالية على الدخول بقوة في المساهمة في مشروعات التوليد والنقل والتوزيع.

● التحديات الاجتماعية

من أهم التحديات الاجتماعية التي تقف حجر عثرة في سبيل ترشيد الطاقة الكهربائية بالمملكة ما يلي:-

١- غياب الوعي لدى معظم المواطنين بضرورة ترشيد الاستهلاك؛ لأن سياسة الدولة – في الماضي – تقضي بتوفير الكهرباء لدى كل المشتركين وبأسعار زهيدة تقل كثيراً عن سعر التكلفة.

٢- الارتفاع المتنامي في عدد سكان المملكة مقارنة بالدول الأخرى.

٣- العادات الاجتماعية التي تفرض إيصال الخدمة الكهربائية لجميع المواطنين بجميع فئاتهم، حتى في المناطق النائية في المملكة.

جهود الترشيد بالمملكة

من أبرز الجهود المبذولة لترشيد الطاقة بالمملكة وتحسين كفاءة استخدامها على مختلف المستويات والأصعدة. الوزارات والقطاعات الخاصة. والنتائج التي تم تحقيقها ما يلي:

● **وزارة المياه والكهرباء**

قامت الوزارة بالتعاون مع الجهات المعنية بمجهودات عدة في مجال ترشيد استهلاك الكهرباء ورفع كفاءة استخدامها، من أبرزها:

- دعم عدد من الدراسات في مجال تدقيق استهلاك الطاقة الكهربائية في القطاع السكني والتجاري والصناعي والحكومي.
- تنظيم حملات توعوية بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، عن دور المعلمين والطلاب في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ورفع كفاءة استخدامها.
- إدراج موضوع ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ضمن المناهج التعليمية والمقررات الدراسية.
- المشاركة في إعداد المواد التوعوية الإعلامية بالتعاون مع دول مجلس التعاون الخليجية.
- التنسيق مع وزارة الشؤون الإسلامية والدعوة والإرشاد في عقد عدد من المحاضرات لأئمة المساجد في مختلف مناطق المملكة، وحثهم على نشر التوعية بضرورة الترشيد في استخدام الكهرباء.
- متابعة وتدقيق استهلاك الجهات الحكومية الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية من خلال فريق عمل من الوزارة وديوان المراقبة العامة والشركة السعودية للكهرباء.
- التنسيق مع الرئاسة العامة لرعاية الشباب للمشاركة في التوعية بترشيد الكهرباء من خلال اللوحات والشاشات الإلكترونية داخل الأندية والملاعب والصالات الرياضية.
- إعداد دليل "المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وإزاحة الأحمال".
- تنظيم الندوات وورش العمل لتعريف القطاعات السكنية والتجارية والحكومية والصناعية والزراعية بأهمية وضرورة ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية.
- التعاون مع الأمانات والبلديات لتخفيض إنارة الطرق والميادين والشوارع بما لا يخل بالمتطلبات الأمنية والسلامة المرورية.
- التنسيق مع الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة؛ لتحديد واختيار الأجهزة الكهربائية والإلكترونية التي تستهلك أقل قدر من الطاقة الكهربائية وتعطي نفس الإنتاجية، مع التركيز على أجهزة التكييف من أجل رفع نسبة كفاءة الطاقة (Energy Efficiency Ratio, EER).
- إصدار مسودة لإستراتيجية ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة بالتعاون مع البنك الدولي.
- التنسيق مع وزارة الزراعة بتوجيه كبار المزارعين والشركات الزراعية بتشغيل مضخات الري خارج أوقات الذروة.

وقد قامت وزارة المياه والكهرباء بالعديد من البرامج والخطط والحملات لترشيد استهلاك الكهرباء من أهمها ما يلي:

■ **الخطة الوطنية لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ورفع كفاءة استخدامها:** حيث تم - بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة في المملكة مع الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (جاميكا) وشركة كهرباء طوكيو - اختيار ثلاثة عشر برنامجاً تنفيذياً ذا أولوية تمثل الحلول الجذرية لكافة التحديات التي تواجه المملكة، جدول (١).

ومن النتائج المتوقعة حيال تنفيذ الخطة الوطنية لترشيد استهلاك الكهرباء:

١- تقليل الزيادة المتوقعة في الحمل الأقصى بنسبة ٥٠٪ سنوياً، وذلك من النسبة الحالية ٦,٧ ٪ إلى ٣,٣٥ ٪ سنوياً.

٢- تقليل تكلفة الطاقة مقارنة بالناتج المحلي للفرد من ٢٠٢ (ك . و) لكل ألف ريال في عام ٢٠٠٥م إلى ١٤٠ (ك . و) لكل ألف ريال.

■ **الحملة الوطنية لترشيد استهلاك الكهرباء:** وتم إطلاقها تحت رعاية خادم الحرمين الشريفين يوم السبت ١١/١٠/١٤٢٩هـ وتستمر لمدة خمس سنوات، وتهدف إلى ما يلي:

- تنمية الإحساس بالمسؤولية والرغبة في ترشيد الكهرباء من أجل بيئة وحياة معيشية أفضل.
- تبصير المستهلكين للكهرباء بأساليب الاستخدام الأمثل للكهرباء.
- تقديم المعلومات عن الأساليب التي توضح الاستخدام الأمثل للكهرباء.
- إشراك الأسرة والمجتمع في تحقيق الاستهلاك الأمثل للكهرباء.
- غرس مفهوم ترشيد الكهرباء لدى الأطفال والشباب.
- تعريف المشتركين بالوسائل والتقنيات الحديثة للاستهلاك الأمثل والاقتصاد في استخدام الكهرباء وإبراز الفوائد المتوقعة من الترشيد.

■ **الهيئة الملكية للجبيل وينبع:** ومن أهم الخطوات التي تم تبنيها:

(أ) **أنظمة تكييف الهواء:** ومن أبرز الوسائل المستخدمة فيها لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ما يلي:

رئيس الفريق	البرامج التنفيذية
شركة أرامكو السعودية	رفع كفاءة الطاقة في المباني الحكومية والصناعية والتجارية
	برنامج تدريبي لمديري الطاقة في الجهات الحكومية والتجارية والصناعية
	تدقيق سريع لمشروعات القطاع التجاري والصناعي
الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة	التطبيق الإلزامي لبطاقات مواصفات وكفاءة الطاقة
	تطوير التقنيات المعمارية في المملكة
وزارة المياه والكهرباء	حملة وطنية شاملة لترشيد استهلاك الطاقة
	حملة توعوية لتوعية طلاب المدارس الابتدائية
	معرض دائم لترشيد استهلاك الكهرباء
	استحداث جائزة لكفاءة الطاقة
الشركة السعودية للكهرباء	إدارة الأحمال في حالات الطوارئ
	موقع إلكتروني لمتابعة استهلاك المستهلكين
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية	تطوير إستراتيجيات البحث والتطوير
	مراقبة وتقييم الحملات الإعلامية

■ جدول (١) البرامج التنفيذية للخطة الوطنية للترشيد والجهات ذات العلاقة.



■ جهاز توقيت آلي للتحكم في تشغيل أجهزة التكييف المركزي.

- إيقاف أجهزة التكييف عند نهاية الدوام الرسمي أو في حالة عدم الاستخدام.
- تكثيف أعمال الصيانة الدورية لأجهزة التكييف.
- تركيب أجهزة توقيت للتحكم في أوقات تشغيل أجهزة التكييف المركزي.
- ضبط درجة الحرارة بمنظم أجهزة التكييف بحيث لا تقل عن ٢٥°م.
- صيانة المباني لمنع تسرب الهواء البارد منها.
- تعديل برامج تشغيل أنظمة التبريد بالماء - المكونة من عدة وحدات - المستخدمة في المباني الكبيرة ليتم تشغيل أقل عدد ممكن منها.

(ب) **الإضاءة العامة**: و تأتي في المرتبة الثانية من حجم استهلاك الطاقة في المباني و تحتوي على ما يلي:

- **الإضاءة الداخلية**: حيث تم اتخاذ عدد من الوسائل للترشيد منها:

١- استخدام أجهزة التوقيت لإطفاء الإنارة بعد ساعات العمل.

٢- تغيير المصابيح بأخرى اقتصادية ذات كفاءة أفضل. مثل مصابيح الفلورسنت المدمجة.

٣- إطفاء و حدات الإنارة في المناطق غير المستخدمة.

٤- تخفيض مستوى الإنارة في المكاتب ضمن الحدود القياسية.

- **الإضاءة الخارجية**: حيث تم تطبيق عدد من الطرق التالية:

١- استخدام الخلايا الضوئية للتحكم في تشغيل الإنارة الخارجية.

٢- تخفيض عدد المصابيح المستخدمة في الإنارة الخارجية للمواقع غير الرئيسية إلى النصف مع



■ خلية ضوئية مركزية للتحكم في إنارة الشوارع مركبة على كابينة توزيع كهربائية.

مراعاة جانب السلامة العامة.

٣- استخدام أجهزة التوقيت الآلي لإنارة الميادين العامة في وقت الاستخدام.

٤- إطفاء وحدات الإنارة في المناطق غير المستخدمة.

● **البرنامج الوطني لإدارة وترشيد الطاقة**

بادرت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** إلى إنشاء واستضافة وإدارة «البرنامج الوطني لإدارة وترشيد الطاقة» بمشاركة ومساهمة عدد من المؤسسات الحكومية وغير الحكومية.

يشرف على تنفيذ أهداف البرنامج لجنة تتولى المدينة رئاستها، وتشارك في عضويتها الجهات ذات العلاقة. وقد تم الاتفاق مع مكتب البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة بالرياض على الاستفادة من خدماته في الدعم الفني والإداري لنشاطات البرنامج. وقد بدأ البرنامج أنشطته في بداية عام ١٤٢٤هـ وحدد لإنجاز مهامه المقررة في وثيقته ثلاث سنوات ونصف السنة انتهت في سبتمبر ٢٠٠٦م ومدد البرنامج إلى نهاية عام ٢٠٠٩م لاستكمال المهام المتبقية.

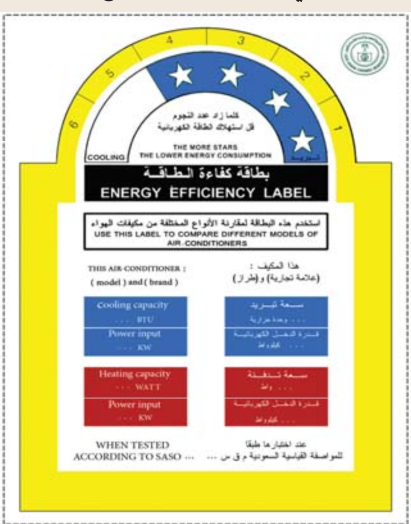
ومن الجهود التي يبذلها البرنامج - لمواجهة مشكلة انخفاض الوعي لدي المستهلكين بأهمية اختيار الأجهزة الكهربائية ذات الكفاءة العالية - إعداد بطاقات كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية بالتعاون مع الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، حيث تم إعداد بطاقة كفاءة أجهزة التكييف، والثلاجات والغسالات ومجمدات الطعام، كما في الشكل (٢). وتعتمد تلك البطاقات في معلوماتها على مواصفات قياسية تحتوي طرقا للاختبار ومتطلبات لتصميم البطاقة. وعمل العلامات الإرشادية التي تبين استهلاك الأجهزة من الطاقة الكهربائية.

● **وزارة الشؤون البلدية والقروية**

قامت وزارة الشؤون البلدية والقروية بإعداد دليل العزل الحراري في المباني، ويشمل الهدف من استخدامه، وبيان مزاياه، والخواص المختلفة له، والعوامل التي تؤثر على اختيار مواده المناسبة، وبيان أنواعها وطرق تصنيعها، وأهم الاعتبارات الواجب اتباعها عند استخدام العزل الحراري. وقد أصدرت الوزارة عدد من التعاميم الخاصة بالعزل الحراري هي:

- تعميم في ١٤٠٥هـ بشأن العزل الحراري وسبل ترشيد الاستهلاك الكهربائي بالمباني.
- تعميم في ١٤٠٦هـ بشأن عدم قبول أي مخططات للمباني الحكومية أو الاستثمارية (تجارية أو سكنية) ما لم يوضح بها نوع ومواصفات مواد العزل الحراري.
- تعميم في ١٤١٥هـ بشأن تشجيع المواطنين على استخدام العزل الحراري في مبانيهم الخاصة، وعدم قبول أي مخططات للمباني الحكومية أو الاستثمارية (التجارية والسكنية) ما لم يوضح بها نوع ومواصفات مواد العزل الحراري.
- تعميم في ١٤٢٠هـ بشأن استخدام العزل الحراري في المباني.

ومن أبرز جهود الوزارة: العمل على إنشاء كود البناء السعودي في المملكة بالتنسيق مع الجهات ذات



■ شكل (٢) نموذج بطاقة كفاءة الطاقة لمكيف تبريد وتدفئة.

نوع الاشتراك	التعريفة (هللة/ك.و.س)		
	وقت الذروة في أشهر الصيف	خارج وقت الذروة في أشهر الصيف	بقية أشهر السنة (التعريفة الحالية)
صناعي	٣٥	٩	١٢
تجاري	٧٦	١٩	٢٦

■ جدول (٢) أسعار التعريفة المتغيرة للقطاعين التجاري والصناعي داخل وخارج أوقات الذروة.

العلاقة، حيث يعتبر كود البناء من الوسائل الفاعلة للترشيد في المباني.

يشمل كود البناء السعودي مجموعة متكاملة من الوثائق الفنية والإدارية والقانونية التي تحكم موضوع المباني على مختلف أنواعها واستعمالاتها، ويشمل ذلك المعمارية والإنشائية والكهربائية والميكانيكية، والصحية، أو ما يتعلق بالسلامة من الحريق أو ترشيد استخدام الموارد غير المتجددة كالماء والطاقة، كذلك يعنى كود البناء السعودي بمتطلبات المبنى على مدى عمره الافتراضي، وما بعد العمر الافتراضي له في حالات تغيير الاستخدام، أو الترميم أو الصيانة أو التجهيز أو أعمال التمديدات أو الإضافة أو التعديل أو الهدم.

● الشركة السعودية للكهرباء

نفذت الشركة السعودية للكهرباء عدداً من البرامج والسياسات التي ساهمت في تخفيض الأحمال الذروية للسنوات القليلة الماضية، خاصة فيما يتعلق بموضوع مراقبة وإزاحة الأحمال خلال وقت الذروة في أشهر الصيف، وذلك كما يلي:-

■ **البرنامج الأول:** ويتعلق بالتحكم بأحمال التكييف عن بعد، بغرض تخفيض الحمل الذروي على الشبكة الكهربائية، بحيث يغطي النظام كل من مبردات التكييف المركزي (A/C Chillers) ووحدات التكييف المدمجة (Package Units) والوحدات المنفصلة (Split Units). ويتضمن هذا النظام تركيب مرحلات (Relays) وأجهزة تحكم واتصالات على أجهزة التكييف بموقع المشترك يتم تشغيلها بإشارات (SMS) مبرمجة من الحاسب الآلي أو من الهاتف الجوال.

■ **البرنامج الثاني:** ويتعلق بالخزن التبريدي: ويعد من أنسب الحلول الكبيرة التي يتوافق حملها الذروي - خاصة أحمال التكييف - مع الحمل الذروي للشركة السعودية للكهرباء. تعمل منظومات التخزين الحراري على تخزين الطاقة في خزانات خاصة، ومن ثم تستخدم فيما بعد للعمليات التي تحتاج إلى هذه الطاقة، حيث يتم تخزين أو شحن الخزانات خلال الأوقات التي تتوفر فيها الطاقة بكثرة أو تكون رخيصة، ويتم بعد ذلك تفريغ الخزانات للاستعمالات المختلفة كالتكييف. نسبة للمشترك فعلى الرغم من التكلفة العالية لتأسيس نظام الخزن إلا أن هذه التكلفة يمكن استردادها في سنوات قليلة من خلال التوفير في الفائدة الشهرية نتيجة التعريفة المنخفضة خارج وقت الذروة.

وهناك نوعان لنظم تخزين الطاقة المناسبة لتطبيقات التكييف في المملكة العربية السعودية هما:

١- تخزين المياه المبردة (Chilled water storage).

٢- تخزين الثلج (Ice storage).

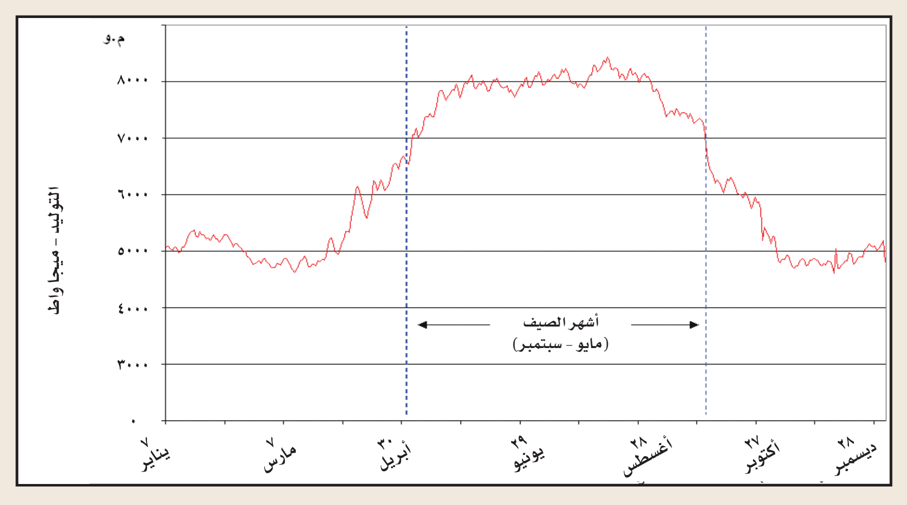
■ **البرنامج الثالث:** ويتعلق بدعوة الجهات الحيوية إلى تأمين مصادر احتياطية للطاقة الكهربائية. حيث قامت كل من القطاعات في الوسطى والشرقية والجنوبية، بالترتيب مع المنشآت التي يوجد بها توليد احتياطي، ومعرفة مدى جاهزية المولدات الاحتياطية لتشغيلها في أوقات الذروة، حيث تم تشغيلها لعام ٢٠٠٧م نظراً للحاجة إليها. ولقد بلغت قدرة التوليد التشغيلية لدى كبار المشتركين الحكوميين والصناعيين المتعاونين في القطاع الأوسط (٩٣ م.و) وذلك خلال ذروة صيف عام ٢٠٠٧م.

■ **البرنامج الرابع:** ويتعلق بالتعريفة المتغيرة والتي يكون فيها سعر بيع الطاقة مختلفاً بحسب وقت الاستخدام جدول (٢). ويعتبر البرنامج من التقنيات المستخدمة عالميا والتي تنتهجها الشركة لتقديم خدمات أفضل للمشتركين، ويعتبر أحد البدائل المقترحة لتخفيض قيمة فواتير المشترك مقابل المساهمة في إزاحة الأحمال لخارج وقت الذروة، وبالتالي استقرار الشبكة الكهربائية. ويوضح شكل (٣) التمييز في التفاوت الكبير في الأحمال بين أشهر الصيف وبقية أشهر السنة في كهرباء القطاع الأوسط.

وقد استهدف البرنامج الرابع كبار المشتركين من القطاعين الصناعي والتجاري، وذلك بحسب الضوابط التالية:

- أن يزيد استهلاكهم عن ٦٠٠,٠٠٠ (ك.و.س) سنوي.
- أن تزيد أحمالهم عن ١ (م.ف.أ).
- إمكانية إزاحة جزء من أحمالهم خلال وقت الذروة.

وقد تم تحديد فترة الذروة في البرنامج لتبدأ من الساعة ١:٠٠ ظهراً - ٥:٠٠ مساءً خلال أيام العمل الأسبوعية (السبت- الأربعاء) للفترة من ١ يونيو وحتى ٣٠ سبتمبر. أما فترة خارج وقت الذروة فتبدأ من بعد الساعة ٥:٠٠ مساء وحتى الساعة ١:٠٠ من ظهر اليوم التالي خلال أيام العمل الأسبوعية (السبت- الأربعاء) للفترة من ١ يونيو



■ شكل (٣) منحنى متوسط الحمل السنوي بالقطاع الأوسط (٢٠٠٦م).

وحتى ٣٠ سبتمبر. وأيام العطل الأسبوعية (الخميس والجمعة) للفترة من ١ يونيو وحتى ٣٠ سبتمبر.

تم البدء في تطبيق البرنامج في الشركة لأول مرة في عام ٢٠٠٦م، بالقطاع الأوسط كمرحلة أولى ونتيجة لنجاحه تم التوسع في تطبيقه عام ٢٠٠٧م، ليشمل القطاعات المختلفة (الأوسط - الشرقي - الغربي) واستمر التوسع في عام ٢٠٠٨م، ليشمل عدداً أكبر من المشتركين الجدد. ويبين جدول (٣) أعداد المشتركين من الصناعيين والتجاريين في كل من القطاعات الأوسط والشرقي والغربي للشركة.

ويوضح الجدول (٤) الحمل المزاح في أشهر الصيف (يونيو إلى سبتمبر) خلال الأعوام الثلاثة من ٢٠٠٦-٢٠٠٨م.

البند	٢٠٠٦م	٢٠٠٧م	٢٠٠٨م
مكان التطبيق (القطاع)	الأوسط	الأوسط - الشرقي - الغربي	الأوسط - الشرقي - الغربي
عدد المشتركين التجاريين	١١	٣٧	٧٢
عدد المشتركين الصناعيين	٣٤	١٤٥	٢٩٦
إجمالي عدد المشتركين	٤٥	١٨٢	٣٦٨
عدد المستفيدين	١٦	٤٢	٢٨٤

■ جدول (٣) أعداد المشتركين التجاريين والصناعيين خلال الأعوام من ٢٠٠٦م - ٢٠٠٨م.

الشهر	الحمل المزاح (م.و) ٢٠٠٦م	الحمل المزاح (م.و) ٢٠٠٧م	الحمل المزاح (م.و) ٢٠٠٨م
شهر يونيو	٢١,٥	٨١	١٤٢
شهر يوليو	١٣	٧٢	١٩٥
شهر أغسطس	٢١,٦	٩١	١٧٨
شهر سبتمبر	١٧,٦	٧١	١٩٦

■ جدول (٤) الحمل المزاح في أشهر صيف (يونيو إلى سبتمبر) خلال الأعوام الثلاثة من ٢٠٠٦-٢٠٠٨م.

التوصيات

من خلال استعراض الجهود المبذولة من المؤسسات المختلفة في مجال ترشيد استهلاك الطاقة، فإن الحاجة إلى مبادرات إضافية حاسمة تكمن فيما يلي:

١- إنشاء مركز وطني دائم يعنى بترشيد الطاقة على مستوى المملكة، يكون من مهامه وضع السياسات والتشريعات اللازمة لترشيد استهلاك الطاقة، ورفع كفاءة استخدامها، وتحفيز الاستثمار في شركات خدمات الطاقة. وتعزيز دور القطاع الخاص في مجال تصنيع المعدات المرشدة، وتشجيع وبناء الوعي اللازم بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة، وطرح المبادرات والأفكار الجديدة المتعلقة بكفاءة استخدامها.

٢- منح الصلاحيات الإشرافية لهيئة حكومية لتقوم بالمتابعة والتحقق من تطبيق المواصفات، وإيقاع الغرامات والجزاءات في حالة عدم التقييد. ولابد أن يخضع القطاع العام، والشركات الصناعية الكبرى، والمرافق لتدقيق الطاقة إجباريا وتحت رقابة المركز التخصص.

٣- معالجة النقص الملحوظ في المهندسين والفنيين المؤهلين. وتأهيلهم لإنجاز الأعمال الضرورية على المستوى الوطني في مجال تدقيق الطاقة التفصيلي للمنشآت.

٤- زيادة الوعي بمفهوم وأساليب الترشيد في الطاقة الكهربائية.

٥- تشجيع ترشيد الاستهلاك في الطاقة عن طريق الإقراض بضمانات، أو ترحيل وتأجيل المديونيات.

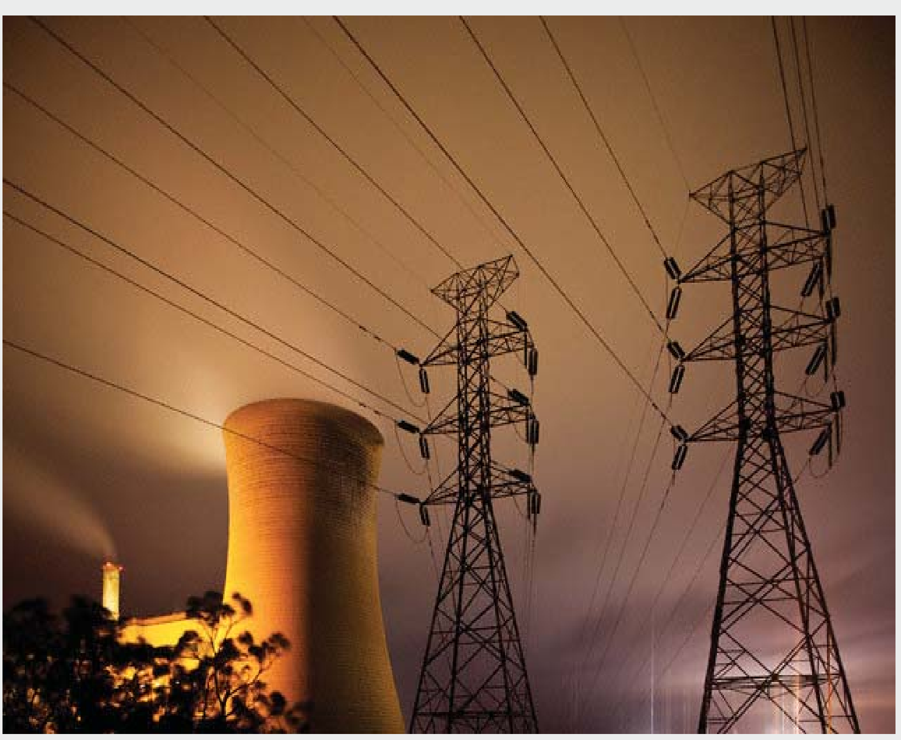
٦- استكمال الأنظمة والتشريعات اللازمة لتفعيل أنشطة الترشيد، واعتماد التمويل اللازم لتلك الأنشطة.

المصادر

- الكهرباء في المملكة العربية السعودية نموها وتطويرها عام ١٤٢٧هـ، وزارة المياه والكهرباء.
- **صالح العواجي، يوسف العصيمي، محمد عبدالخالق، عبدالله العبيسي،** ١٤٢٢هـ، جهود وزارة الصناعة والكهرباء في مجال ترشيد الاستهلاك وإدارة الأحمال الكهربائية، الندوة السعودية الأولى حول الترشيد وإدارة الطاقة في المباني، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، الظهران.
- **خالد العقيل**، أساسيات الطاقة في المملكة العربية السعودية ، مؤتمر الطاقة العربي الثامن ٢٠٠٦م.
- **الشركة السعودية للكهرباء**، خطة التوسع خلال المدة ٢٠٠٩-٢٠١٧م.
- **الشركة السعودية للكهرباء**، التقرير السنوي، ٢٠٠٦م.
- **محمد سميعي، صالح العواجي، أسامة العاني،** ١٩٩٥م، إدارة الطاقة وأجهزة ترشيدها، المؤتمر الهندسي السعودي الرابع، جدة.
- **عمر محمد باسودان، إبراهيم عيد المفرجي**، ٢٠٠٠م ، توجيهات مستهلكي الطاقة الكهربائية نحو التوعية بترشيد الاستهلاك، مجلد المؤتمر السعودي الأول في الرياض، الجزء الثاني، ص ١٣-١٩.
- **حسن محمد الحاجي**، ٢٠٠٠م، الترشيد الأمثل لاستهلاك الطاقة الكهربائية في المنشآت الصناعية، مجلد المؤتمر السعودي الأول في الرياض، الجزء الثاني، ص ١-١٢.
- **محمد الشبكشي وآخرون** ، ١٩٩٦م، المصادر الرئيسية لتلوث الهواء في مدينة الرياض وأثرها في جودة الهواء - الجزء الأول.
- **الهيئة الملكية بالجبيل**؛ "جهود الهيئة الملكية في الترشيد"، مدينة الجبيل الصناعية، الطبعة الأولى ١٩٩٦م.
- **الهيئة الملكية بالجبيل**، "نتائج دراسة فعالية إجراءات أسبوع ترشيد استهلاك الماء والكهرباء لعام ١٤١٩هـ بمدينة الجبيل الصناعية" مدينة الجبيل الصناعية، الطبعة الأولى، ١٩٩٩م.

برنامج تقنية الطاقة في المملكة العربية السعودية

د. نايف بن محمد العبادي



يأتي برنامج توطين وتطوير تقنيات الطاقة ضمن برامج الخطة الوطنية للعلوم والتقنية، التي أقرها مجلس الوزراء في ١٤٢٣هـ (الموافق ٢٠٠٢م). وتستند أهمية هذا البرنامج إلى احتلال تقنيات الطاقة مكانة بارزة في دعم تطور البلدان ونهضتها الاقتصادية.

يقدر معدل النمو السنوي لاستهلاك الطاقة بالمملكة العربية السعودية بحوالي ٧٪، مما يتطلب بناء المزيد من محطات توليد الكهرباء، وتعزيز أنظمة توزيعها ونقلها. وتقدر احتياجات قدرات التوليد المطلوبة لعام ٢٠٢٣م بحوالي ٥٩٠٠٠ ميجاوات، مقارنة بقدرات التوليد في العام ٢٠٠١م البالغة ٢٥٠٠٠ ميجاوات. لذا، فإن هناك محاولة جادة لإيجاد الحلول العلمية لتغطية ذلك الاحتياج.

تمثل مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة قطاعاً قادراً على الاستئثار بحصة كبيرة من إنتاج الطاقة في المستقبل، الأمر الذي يستدعي معالجة الصعوبات المتعلقة بالإنتاج وارتفاع تكاليفه؛ لتوسيع نطاق استخدامها، لا سيما في المناطق النائية. كما يجب خفض استهلاك البترول والغاز في قطاع النقل للمساهمة في تخفيض ظاهرة البيوت المحمية الضارة بالبيئة.

أُعِدتْ خطة برنامج تقنيات الطاقة استناداً إلى معطيات وآراء مستخدمي الطاقة والجهات ذات العلاقة بهذا القطاع في المملكة، وقد خضعت عملية رسم الخطة لمراجعة الجهات ذات العلاقة من خلال عدد من ورش العمل التي ركزت على مراجعة مكونات أوجه نشاط التخطيط الإستراتيجي وتضمنت تحليل مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات، وإعداد رسالة ورؤية البرنامج، وتحديد المجالات التقنية ذات الأهمية بالنسبة للمملكة.

التحديات

هناك العديد من التحديات التقنية والإدارية التي تواجه تطوير وتوطين تقنيات الطاقة بالمملكة، من أبرزها مايلي:

● التحديات التقنية

من أبرز التحديات في هذا المجال مايلي:

١- ارتفاع الطلب على الطاقة من قبل المواطنين بسبب ارتفاع معدل نمو السكان – الأعلى عالمياً بمتوسط ٢,٩٪ - علماً بأن تعداد سكان المملكة حالياً يبلغ ٢٧ مليون نسمة تقريباً.

٢- الحاجة الماسة لتزويد المناطق النائية بالمملكة بالطاقة من مصادرها المتجددة، نظراً للتكلفة الباهظة لربطها بالشبكات التقليدية.

٣- إقبال المملكة على عصر صناعي جديد، يتمثل في مشاريع بناء المدن الاقتصادية والمجمعات الصناعية، مع إمكانية تنامي تلك الأنشطة بانضمام المملكة لمنظمة التجارة العالمية، مما يستدعي ابتكار حلول جديدة لتوليد وتوزيع وإدارة حفظ الطاقة.

٤- أن للمملكة مصلحة في دعم وتعزيز استخدام البترول في قطاع النقل، الذي يستأثر بقرابة ٦٠٪ من إنتاج البترول العالمي، الأمر الذي يستدعي التركيز على برامج تعزيز كفاءة الطاقة وتوليدها وتحجيم آثارها على البيئة.

٥- ينبغي على المملكة أن تواكب التطورات العالمية في تقنية الطاقة لتكون منتجاً للتقنية، بدلاً من مجرد مستهلك لها.

● التحديات الإدارية

حدد المشاركون في ورش العمل عدداً من المجالات التي تحتاج فيها السياسات إلى التغيير، أو التي تشكل فيها السياسات المحلية عوائق ينبغي إزالتها لتسهيل تطوير وتوطين تقنيات الطاقة، ومنها:

١- السياسات الرامية إلى تسهيل التعاون في مجال البحث والتطوير بين مراكز البحث الوطنية وقطاع الصناعة.

٢- تغيير سياسة الجامعات وإدخال التغييرات التنظيمية لتعزيز قدرة الكوادر الجامعية على إجراء البحوث.

٣- زيادة الموارد البشرية التي تخدم البحث والتطوير في تقنية الطاقة.

٤- زيادة الإلمام بالتطورات التقنية الدولية.

٥- توسيع نطاق التعاون الدولي ليشمل تعاون الجامعات السعودية مع الجامعات الدولية.

٦- تفضيل التعاقد مع الشركات الصغيرة لدعمها خاصة الشركات المبتكرة.

دور المؤسسات البحثية

يوجد في المملكة العديد من الجهات (حكومية وقطاع خاص) معنية بتقنيات الطاقة، منها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والجامعات السعودية وعدد من المعاهد البحثية المتخصصة، وقد تم خلال إعداد البرنامج تحديد أدوار هذه الجهات، جدول (١) .

الجهة ذات العلاقة	دورها
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية	- تخطيط وتنسيق وإدارة البرنامج. - إجراء البحوث التطبيقية ونقل التقنية وتطوير النماذج التجريبية. - إدارة المشاريع الوطنية والمشاركة فيها. - تعزيز مشاركة الجامعات والقطاع الصناعي في المشاريع الوطنية. - توفير المرافق البحثية الوطنية والمختبرات وإدارتها. - تقديم التوصيات والخدمات الخاصة بالعلوم والتقنية للحكومة. - إجراء بحوث ودراسات البنى التحتية. - التعاون مع الجامعات والقطاع الصناعي لإنشاء مراكز الابتكار التقني.
الجامعات	- إيجاد معرفة علمية أساسية وتطبيقية جديدة. - تدريب الطلاب في العلوم والهندسة. - استضافة مراكز الابتكار التقني والمشاركة فيها. - المشاركة في المشاريع التعاونية.
المراكز البحثية المتخصصة الحكومية أو المستقلة	- إيجاد معرفة علمية تطبيقية جديدة. - المشاركة في المشاريع التعاونية.
الوزارات والهيئات الحكومية	- إجراء البحوث والدراسات التي تسفر عن حلول تشغيلية - تنفيذ مشاريع الطاقة. - تزويد البرنامج بمتطلبات البحث والتطوير الحكومية. - تقليل العوائق التنظيمية والإجرائية التي تعترض نشاط الابتكار والبحث والتطوير. - دعم نشاط البحث والتطوير في الجامعات والقطاع الصناعي.
القطاع الخاص	- تطوير وتسويق المنتجات والعمليات الناتجة عن البرنامج. - دعم المشاريع البحثية التعاونية والمشاركة فيها. - دعم مراكز الابتكار التقنية والمشاركة في نشاطها.

■ جدول (١) دور الجهات المعنية في برنامج تقنية الطاقة.

نشاطات البحث والتطوير

قام فريق العمل بإعداد خطة برنامج تقنيات الطاقة، بدراسة عدد من معاهد أبحاث الطاقة حول العالم، تم اختيارها لتتضمن مزيجاً من المختبرات المدعومة حكومياً وتقوم بنشاط شبيه بالبرنامج، ومن بين هذه المعاهد:

- معهد بحوث الطاقة المستدامة في أستراليا.
- مركز تقنية الطاقة في فنلندا.
- مركز هولندا لبحوث الطاقة .
- معهد كوريا لبحوث الطاقة.
- مكتب كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وزارة الطاقة الأمريكية، الولايات المتحدة الأمريكية.

يعكس اهتمام ونطاق بحث هذه المؤسسات إستراتيجيات وخيارات تطوير بحوث الطاقة والتقنية ذات الصلة بها. أما على صعيد التخطيط الوطني، فإن الاطلاع على تخطيط معاهد البحوث الحكومية مثل (الولايات المتحدة، وهولندا، وكوريا الجنوبية) ومعاهد البحوث الجامعية الوطنية مثل (أستراليا وفنلندا) توفر فهماً واسعاً حول سياساتها ودورها وأوجه نشاطها البحثي.

تتناول هذه المؤسسات عدداً من المجالات التقنية الشبيهة بمجالات برنامج توطين وتطوير تقنيات الطاقة لاسيما:

- الطاقة المتجددة.
- وسائل إنتاج أصناف أنظف من الوقود الأحفوري.
- تقنيات وعمليات تعزيز كفاءة الطاقة
- تطوير تقنيات خلايا الوقود والخلايا الهيدروجينية.

نشاط النشر الدولي في تقنيات الطاقة

يعد موضوع الطاقة مشروعاً واسع النطاق، شاملاً لعدة مجالات بحثية وتقنية، مثل: الهندسة الميكانيكية، والديناميكا الحرارية، والهندسة الكيميائية، والفيزياء التطبيقية والعلوم البيئية. وقد حدد برنامج تقنيات الطاقة سبعة مجالات فرعية هي: الطاقة المتجددة، والطاقة التقليدية، ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، وإدارة وترشيد استهلاك الطاقة، وتخزين الطاقة، والهيدروجين وخلايا الوقود، والاحتراق. كما تم تعريف "تقنيات الطاقة" بما فيها من مجالات فرعية باستشارة خبراء من الجهات ذات العلاقة، وإعداد قائمة مفصلة بالعبارات المفتاحية المستخدمة في عمليات البحث والاستقصاء في قواعد المعلومات ذات العلاقة، وتبين أنه ما بين ٢٠٠٦م و٢٠٠٧م، تم نشر (١٧,١١٧) مقالاً في العالم عن مواضيع ذات الصلة بأولويات المملكة العربية السعودية البحثية في الطاقة. وأتت الولايات المتحدة الأمريكية، في طليعة الدول بـ (٣٧٧٠) مقالاً. وكانت الصين في المرتبة الثانية بـ (٢٤٣٠) مقالاً، تليها اليابان بـ ١٥٢٢ مقالاً وألمانيا بـ (١٠٦١) مقالاً. أما المملكة العربية السعودية فكانت في المرتبة الثالثة والأربعين بـ (٤٨) مقالاً، كما يبين الجدول (٢) أن البحث في خلايا الوقود والهيدروجين استأثر بمعظم ما نشر في تقنيات الطاقة في العالم.

الموضوع	عدد المواد المنشورة
خلايا الوقود والهيدروجين.	٤٦٢١
حفظ وإدارة الطاقة.	٣٧٢٧
توليد الطاقة المتجددة.	٣١٦٧
الإحتراق.	٢٢٤٢
توزيع ونقل الطاقة.	١٩٦٤
توليد الطاقة التقليدية.	١٥٠٩
تخزين الطاقة.	١٠٤٥

■ جدول (٢) المواضيع الفرعية في تقنية الطاقة (٢٠٠٦-٢٠٠٧م).

المؤسسات البحثية

تتضمن قاعدة بيانات المواد المنشورة في موضوع الطاقة حوالي ٤٠ ألف كاتب مختلف من آلاف المؤسسات البحثية في أكثر من ١١٩ دولة. منها ثلاث مؤسسات رائدة هي: الأكاديمية الصينية للعلوم (٥٠٢)، وجامعة تسينغ هوا (٢٤٩) ومعهد التقنية الهندي (٢١١). وتعد جامعة شانغهاي جياو تونغ هي الرائدة في نشر المقالات ذات الصلة بحفظ الطاقة وإدارتها، في حين كانت جامعة جيان جياتونغ هي أكثر المؤسسات نشراً لمقالات ذات صلة بتوزيع الطاقة الكهربائية ونقلها. أما معهد التقنية الهندي فقد نشر أكبر عدد من المقالات ذات الصلة بتوليد الطاقة التقليدية.

خصائص البرنامج

تعد مواطن الضعف والقوة عوامل داخلية خاصة بالبرنامج، فيما تعتبر الفرص والتحديات عوامل خارجية. وقد تم ضمن إعداد البرنامج مواطن الضعف والقوة والفرص والتحديات المتعلقة به، ويبين الجدول (٣) أبرز هذه الخصائص.

	مساعدة	عوائق
داخلية	**مواطن القوة** – دعم القيادة الرشيدة المالي والمعنوي. – وجود باحثين وخبراء متخصصين ذوي رغبة شديدة لتأسيس قاعدة بحثية فعالة. – القدرة على امتلاك بعض التقنيات.	**مواطن الضعف** – افتقار الجهات ذات العلاقة لروح التعاون والعمل كفريق . – الافتقار للمبادرات المناسبة. – اللوائح والأنظمة الحكومية البيروقراطية الراهنة. – الافتقار للقدر المناسب من المعلومات، ومن البنية التحتية لتقنية المعلومات.
خارجية	**الفرص** – استقطاب الباحثين والخبراء المؤهلين. – تشجيع الاستثمارات المحلية والأجنبية. – القدرة على صنع تقنيات الطاقة بتكلفة بسيطة من خلال الدعم الحكومي. – الارتفاع الهائل في طلب الكهرباء المملكة.	**التحديات** – صعوبة نقل بعض تقنيات الطاقة. – نقص الأنظمة الحكومية لحماية البيئة. –الافتقار لوسائل حماية المنتجات التقنية المحلية من المنافسة العالمية، لاسيما منذ الانضمام لمنظمة التجارة العالمية.

■ جدول (٣) مواطن الضعف والقوة والفرص والتحديات في برنامج تقنية الطاقة.

إستراتيجية البرنامج

حدد فريق التخطيط الإستراتيجي لتقنية الطاقة رؤية و رسالة وقيم البرنامج، وأهدافه الإستراتيجية التي من شأنها الوصول بالملكة إلى مصاف الدول المتقدمة في مجال تقنيات الطاقة، وذلك كما يلي:

● **الرؤية**

إن الرؤية المرسومة للبرنامج هي: أن يكون مرجعاً عالمياً رائداً في توطين وتطوير تقنيات الطاقة من خلال منظومة عمل متقدمة.

● **الرسالة**

تتضمن الرسالة بناء منظومة عمل متقدمة؛ لتوطين وتطوير تقنيات الطاقة من خلال تعزيز ثقافة البحث والتطوير وتقديم حلول شاملة ومنافسة، وتأهيل الخبراء والكوادر للمساهمة في تحقيق الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة، والمحافظة على البيئة، وفتح فرص استثمارية جديدة وصولا نحو دعم الاقتصاد الوطني وتحقيق التنمية المستدامة.

● **القيم**

تتضمن القيم المطلوبة لتنفيذ البرنامج مايلي:

– إتقان العمل.
– الأمانة المهنية والسلوك الأخلاقي.
– الشفافية.
– الالتزام بتحقيق الأهداف.
– الإبداع والابتكار.
– التعاون والعمل كفريق.

الأهداف الإستراتيجية للبرنامج

حُددَت الأهداف الإستراتيجية للبرنامج بما يوائم أهَداف وغايات السياسة الوطنية للعلوم والتقنية، وإبراز احتياجات الملكة التي يمكن تطبيقها على صعيد البرنامج. وقد خلصت الخطة إلى عدد من الأهداف الإستراتيجية التي يسعى البرنامج لتحقيقها خلال السنوات الخمس القادمة:

١- إستغلال الموارد الطبيعية بشكل فعال.
٢- تعزيز الاكتفاء الذاتي الوطني في تقنيات الطاقة الحيوية.
٣- دعم قطاع صناعة التقنية المحلي لتحقيق التطور والتنمية بحلول تقنية تسهل تطوير المنتجات.
٤- تطوير تقنيات ابتكارية للاحتياجات التي لا يمكن موافاتها بشكل فعال أو اقتصادي.
٥- نقل وتكييف وتطوير التقنيات للأسواق والمستخدمين المحليين.
٦- دعم التطور الاجتماعي والثقافي لتحقيق التوظيف الأمثل للتقنية.
٧-تعزيز مكانة المملكة وصورتها الوطنية في العلوم والتقنية.

المجالات التقنية

تم إعداد قائمة مبدئية من المجالات التقنية ذات الصلة بملف الطاقة بالتشاور مع الجهات ذات العلاقة، مع أخذ الأهداف الإستراتيجية للبرنامج والإستراتيجية العليا بالاعتبار. وقد دُرست القائمة المبدئية بعد ذلك من خلال مصفوفة اختيار تضمنت عوامل الاختيار ومقاييسه، للوصول بذلك إلى قائمة ملخصة من الأولويات التَقنيّة.

● **معايير الاختيار**

تم اختيار أوجه التقنية التي تعني البرنامج استناداً إلى معايير وضعت بالتشاور مع الجهات


الطاقة الشمسية إحدى طرق توليد الطاقة المتجددة.

ذات العلاقة بالطاقة أثناء حلقات العمل، بما يحقق الأهداف الإستراتيجية للبرنامج، فضلاً عن رسالته. وفيما يلي معايير الاختيار:

- الحاجة إلى الاكتفاء الذاتي في هذه التقنية.
- القدرة على توليد فرص العمل.
- سهولة نقل التقنية.
- القدرة على إيجاد فرص الاستثمار.
- إمكانية تطوير هذه التقنية في المستقبل.
- إمكانية خفض تكاليف توليد الكهرباء.
- تدني كلفة تطوير وتكييف التقنية.
- إمكانية تقليل هدر الطاقة.
- توفر الكفايات المحلية المؤهلة.
- المساهمة في حماية البيئة

أوجه التقنية المختارة

تم اختيار التقنيات التي تفي بالمعايير المذكورة، بعد تحليلها باستخدام آلية لقياس المجالات التقنية وفقاً لهذه المعايير، وذلك كما يلي:

■ **توليد الطاقة المتجددة**: وتشمل:
- الطاقة الشمسية (تقييم مصادر الطاقة، الطاقة الحرارية، المجمعات الشمسية، التبريد بالطاقة الشمسية، تحلية المياه بالطاقة الشمسية، الأنظمة الكهروضوئية، تصنيع الخلايا الكهروضوئية، التطبيقات الكهروضوئية)
- طاقة الرياح (تقييم مصادر الطاقة، أنظمة الشبكات المترابطة والأنظمة المستقلة وتطبيقات طاقة الرياح).

■ **الطاقة التقليدية**: وتشمل:
- التوربينات الغازية والبخارية (كفاءة التوربينات ومعالجة الريش).
- التوربينات الصغيرة.
- عمليات الاستخلاص من الحرارة المفقودة.
- التوليد المتعدد.
- الدورة المركبة.

■ **نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية**: وتشمل:
- المحولات الكهربائية (المحولات التلقائية الذكية، مواد العزل والتركيب، مجسات القياس والحماية).
- الكابلات الكهربائية (المواد العازلة والتصاميم الخاصة بالجهد العالي).
- الشبكات الكهربائية (الأتمتة، الشبكات الذكية، تطوير البرمجيات، معدات ومجسات الاتصال في الشبكات المحلية والواسعة).
- قواطع الدوائر الكهربائية (قواطع دوائر أنواع الجهد العالي والفائق، آليات التشغيل والتصميم المتطورة، المواد الحامية والعازلة).

■ **إدارة وترشيد استهلاك الطاقة**: وتشمل:
- التكييف والتبريد (المضخات الحرارية ، التكييف المركزي، دورات التكييف، الثلاجات، الضواغط، المكثفات، تدقيق الطاقة، مبردات الامتصاص).
- أنظمة الإنارة (الإنارة عالية الكفاءة، تدقيق الطاقة، المصابيح الفلورية المدمجة ، التحكم بالإنارة).
- تقنيات غلاف المباني (العزل الحراري، الستائر الزجاجية، تظليل البناء، إدارة طاقة المباني، نظام أتمتة البناء).
- كفاءة الأفران / الغلايات.
- المحركات الكهربائية.
- المبادلات الحرارية (المبادلات الحرارية المدمجة).

■ **تخزين الطاقة**: وتشمل:
- المكثفات الفائقة.
- الحذافات العالية السرعة.
- موصل فائق ممغنط.
- البطاريات المطورة.
- تخزين الطاقة الحرارية.
- التخزين بالضخ.

■ **خلايا الوقود والهيدروجين**: وتشمل:
- إنتاج الهيدروجين من الوقود الهيدروكربوني.
- تخزين الهيدروجين.
- خلايا وقود تبادل البروتون.
- خلايا وقود الأكسيد الصلب.
- خلايا وقود الميثانول المباشر.
- تصنيع واختبار الخلايا المتعددة.
- أقطاب خلايا الوقود.
- غشاء خلايا الوقود.
- حفاز خلية الوقود.

■ **الاحتراق**: ويشمل:
- الاحتراق الداخلي للمحركات.
- الحقن المباشر.
- الاشتعال التلقائي/ الاشتعال بضغط الشحنة المتجانسة.
- الاحتراق في الصناعة.
- تعزيز كفاءة الاحتراق.
- نمذجة الاحتراق.
- تقنيات الوقود.


الاستفادة من الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية.

عرض كتاب

توليد الطاقة الكهربية

م.علي يحيى القحطاني / م.يوسف أحمد مشرعي

صدر هذا الكتاب عن دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع بالقاهرة عام ٢٠٠٧م، وقام بتأليفه المهندس وحيد مصطفى أحمد. يقع الكتاب في ٧٥١ صفحة من الحجم المتوسط، ويضم بين دفتيه واحداً وعشرين باباً، بالإضافة إلى الفهارس وقائمة المراجع والخاتمة.

يتطرق المؤلف في كل باب إلى موضوع متعلق بالتوليد الكهربائي، شارحاً الأفكار الرئيسة حوله، والقوانين الفيزيائية، والنظريات المطبقة، وموثقاً كل تلك المعلومات بأمثلة وتمارين عديدة تساعد على فهم الموضوع بشكل أفضل.

تناول المؤلف في **الباب الأول** تاريخ توليد الطاقة منذ اختراع الكهرباء على يد العالم الأمريكي **توماس أديسون** في عام ١٨٨١م في نيويورك إلى وقتنا الحاضر، وتحدث عن كيفية انتشار شبكة الكهرباء وتعقدها، الأمر الذي أوجب توحيد المعايير والمقاييس المستخدمة آنذاك. كما ذكر الطلب على الطاقة الكهربائية وازديادها بشكل ملحوظ. ثم استطرد بذكر كافة المصادر المستخدمة لتوليد الكهرباء.

اقتصر المؤلف في **الباب الثاني** على ذكر المبادئ الأساسية وقوانين الكهرباء المتعلقة بالقدرة الكهربائية وهي ثلاثة أنواع: القدرة الحقيقية، والقدرة غير الفعَّالة، والقدرة الظاهرية. وقام بشرح معانيها الفيزيائية بالرسوم البيانية والمعادلات الرياضية وجداول تبين الفرق بينها مع أمثلة تطبيقية. ثم تطرق إلى أنظمة الطور المختلفة وركز فيها على الأنظمة ثلاثية الطور الذي قنّنته الصناعة وأصبح السائد في جميع بلدان العالم.

خصص المؤلف **الباب الثالث** للتحدث عن الأحمال ومنحنياتها واقتصاديات محطات القدرة، وذكر أهمية الحمل، ومعنى منحناه البياني ذا العلاقة المباشرة بالمستهلكين والأنواع الرئيسة في الأحمال الكهربائية، وهي ثلاثة أنواع: الحمل السكني، والحمل الصناعي، والحمل التجاري، كما تطرق إلى الأسس الإحصائية والقوانين المتعلقة بها، واختتم الباب بذكر التكلفة، وتوصيات عامة لمقدم الخدمة والمستهلك.

تطرق المؤلف في **الباب الرابع** إلى موضوع التعريفة وعامل القدرة، مبتدئاً بتقديم أهداف التعريفة، وتوضيح أسس تحديدها، وقوانينها واستخداماتها المختلفة. ثم تحدث عن معامل القدرة وتأثيره على الكفاءة العامة للأحمال، وأشار إلى طرق تساعد على تحسينه شُرحت حسابياً وبيانياً على عدد من الأمثلة.

تناول المؤلف في **الباب الخامس** موضوع اختيار موقع ونوع وحجم وسعة محطة توليد القدرة، وأشار إلى أن تحديد موقع محطة توليد القدرة يعد مشكلة معقدة، تعتمد على عوامل كثيرة، منها: نقل الطاقة، حيث يجب وضع محطة القدرة بالقرب من مركز الحمل ما أمكن؛ مما يساعد على خفض تكلفة النقل والفقد في النقل، كما أوضح المؤلف أن حجم المحطة يعتمد على الغرض الذي أنشئت من أجله كمية الطاقة المطلوبة. وتحدث أيضاً عن احتياطي التشغيل، وأنه يجب على كل نظام أن يكون له كمية معينة من سعة التوليد الاحتياطية للإمداد بها أثناء الصيانة والتعطيل القهري للمعدات.

تحدث المؤلف في **الباب السادس** عن محطات توليد القدرة البخارية (الحرارية)، وعن بداية استخدامها لأول مرة في القطارات بواسطة **جيمس وات**، وكيف استخدمت قدرة البخار لإدارة بادئ الحركة للمولد الكهربائي.كما أوضح المؤلف كيفية اختيار المواقع لمحطات توليد القدرة البخارية، وبيَّن الدورة الديناميكية الحرارية لتدفق البخار، وعمل هذه المحطات عن طريق صور توضيحية وعمليات حسابية ورسوم بيانية.

خصص المؤلف **الباب السابع** لوحدات الديزل والتربينات الغازية، ذاكراً مزايا وعيوب وحدات الديزل وأهم تطبيقاتها، وأن تشغيلها يكون عند الضرورة المطلقة عند الطوارئ، كوحدة حمل ذروة، وكوحدات احتياطية في حالة انقطاع الإمداد في الشبكة العامة، ثم بيَّن نظام عمل تلك الوحدات بإسهاب مدعماً ذلك برسومات توضيحية لجميع أجزائها. واختتم حديثه في هذا الباب عن وحدات التربينة الغازية ودعم ذلك بصور توضيحية تفصيلية.

تطرق المؤلف في **الباب الثامن** إلى الوحدات الهيدروكهربائية لتوليد القدرة، موضحاً استخدام الماء في هذه المحطات لتوليد الكهرباء، ثم تطرق المؤلف إلى كيفية اختيار الموقع لوحدات القدرة الهيدروكهربائية، واختتم هذا الباب بالمكونات الأساسية للوحدات الهيدروكهربائية مع التوضيح بالرسوم التفصيلية.

تناول المؤلف في **الباب التاسع** محطات القدرة النووية، موضحاً أن الطاقة النووية هي المصدر الوحيد الذي يستطيع تغطية طلبات الطاقة المستقبلية للعالم، ثم بين المؤلف الأجزاء الأساسية لوحدة التوليد النووية مع رسم تفصيلي لها، ثم اختتم هذا الفصل بنبذة عن الفيزياء النووية، وعلاقة الكتلة والطاقة، وتركيب الذرة، وبعض العلاقات الرياضية والمسائل الخاصة بها.

استعرض **الباب العاشر** التشغيل الاقتصادي للمحطات الحرارية، حيث أوضح المؤلف أنه يعتمد على دراسات وقوانين إحصائية معقدة، وتتطلب مدخلات كثيرة؛ لتعطي نتائج أكثر دقة، ثم أسهب في شرح تفاصيل القوانين التطبيقية في هذا المجال.

تطرق المؤلف في **الباب الحادي عشر** إلى التنسيق الهيدروحراري، والمحطات الهيدروحرارية التي تتميز بسرعة البدء والتزامن السريع مع النظام، إضافة إلى تكاليف التشغيل المنخفضة، وسهولة تشغيلها لأحمال الذروة. ثم ذكر التشغيل الموحد لوحدات الأنهار الجارية والوحدات البخارية، وكيفية إيجاد حجم وحدة الهيدرو والبخار باستخدام المعادلات الرياضية والفرضيات المنطقية بشكل مفصل. ثم استطرد المؤلف ذكر شروط أساسية لتشغيل المحطات الهيدروحرارية تشغيلا اقتصاديًا، وأشار إلى أهمية الجدولة بين المحطات وكيفية التنسيق استنادًا إلى معادلات رياضية، فشرح طرق الجدولة، وطريقة

معادلة التنسيق بطرق رياضية، وبتطبيق المعادلات على مثال عملي.

تناول المؤلف في **الباب الثاني عشر** التشغيل المتوازي لمولدات التيار المتردد، ذاكراً الشروط الأساسية لتشغيل عدة مولدات وربطها بالشبكة بشكل متوازي على الشبكة،كما أشار إلى تقنيات للتحكم في القدرة الكهربائية تتعلق بتفاصيل ميكانيكية، موضحًا كل هذا رياضيا وبيانيا مع ذكر أمثلة تطبيقية وطرق حلها.

خصص المؤلف **الباب الثالث عشر** للمعدات الكهربية الرئيسة في وحدات توليد القدرة؛ فابتدأ بذكر مولدات التيار المتردد، مثل: مولدات وحدات توليد الهيدرو، ومولدات الوحدة التربينية. ثم تطرق إلى أنظمة الإثارة في المولدات وعن ماهيتها وتصنيفاتها وطريقة عملها، ثم شرح موضوع المنظمات التي تساعد على رفع كفاءة القدرة المنتجة، وتكون مصنوعة داخل المعدات الكهربية، أو يمكن تركيبها عليها. ثم انتقل بالحديث عن الموصلات العمومية، والمفاعلات والبطاريات بأنواعها، وبعض القوانين التطبيقية. ثم اختتم هذا الباب بموضوع مهم جداً ألا وهو التأريض، مع شرح التقنيات الخاصة به وأمثلة تساعد على الفهم.

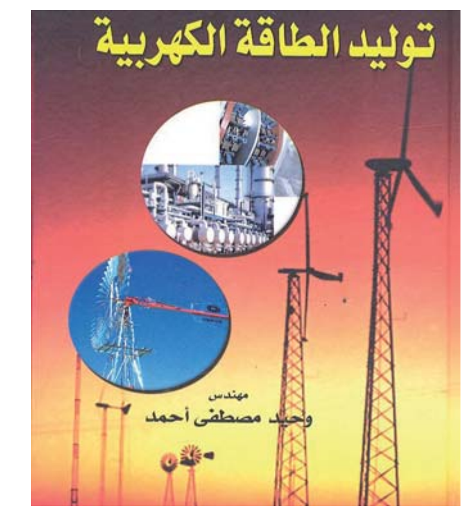
تناول المؤلف في **الباب الرابع عشر** موضوع الربط البيني للأنظمة، وذكر ميزات الربط البيني من نواحي عديدة، كاعتمادية الخدمة، وتسهيلات النقل، وزيادة سعة التركيب، وتخفيض المطالب إضافة إلى زيادة كفاءة ومدة التشغيل.ثم انتقل إلى شرح القدرة غير الفعالة، والقدرة الحقيقية (الفعالة)، وتأثيرهما على النظام. ثم ذكر المؤلف معدات تحكم تردد الحمل، وشرح طريقة التحكم المتكامل، وذكر أنواعه المتعددة وشرح الاختلافات بينها، مختتماً الباب بذكر تكنولوجيا المعلومات في إدارة الطاقة، وكيفية التحكم الآلي في التوليد.

تطرق المؤلف في **الباب الخامس عشر** لموضوع التوليد المختلط؛ حيث ابتدأ بتعريفه وذكر مثال توضيحي لهذه العملية مع توضيح فوائده الاقتصادية. ثم انتقل المؤلف إلى ذكر التقنيات المستخدمة في عملية التوليد المختلط والصناعات المناسبة له.كما ذكر موضوع تخصيص التكاليف، وكيفية تسعير الطاقة الناتجة من التوليد المختلط، والاستخدامات الزراعية للتوليد المختلط، وأنهى الباب بنظام الطاقة المكمل.

تحدث المؤلف في **الباب السادس عشر** عن الطاقة والتنمية، مستعرضاً وجهة نظره الشخصية؛ فبدأ بذكر المشاكل التي قد تسببها الطاقة من مشاكل تنموية للدول، ومشاكل بيئية، ومشكلة البيوت الزجاجية. ثم ذكر الاتجاهات في استخدام الطاقة في الدول النامية، وتنبؤات التغيرات في إمداد الطاقة، من تحسين الكفاءة العامة، وتغيير مصدر الطاقة المستخدم، و تنظيف الفحم، و الغاز الطبيعي، والنفط والطاقة النووية. وتابع الحديث عن أهمية التنمية المتواصلة، وأهمية ضبط أسعار الطاقة، وزيادة الأبحاث والتطوير في هذا المجال، وتبني إستراتيجيات لحفظ الطاقة، كما أشار إلى أهمية استخدام وقود منخفض الكربون، ومواضيع أخرى شرحها المؤلف في هذا الموضوع.

تناول المؤلف في **الباب السابع عشر** موضوع الطاقة الحرارية للمحيطات؛ حيث ابتدأ بمقدمة عن الطاقة المختزنة في المحيطات، والتكنولوجيا المتوفرة لتحويل هذه الطاقة الكامنة. وأشار إلى حساب بسيط لمدى إتاحة هذه الطاقة في المحيطات، كما ذكر الفروقات في درجات الحرارة في المحيط الواحد، مشيراً إلى دورة كلاود الحرارية، أو الدورة المفتوحة، التي تعتمد على فارق درجات الحرارة في مياه المحيط، وكذلك دورة أندرسون، أو دورة (OTEC) المغلقة، التي تستخدم مائع غير الماء، مثل: النشادر أو الفريون لتشغيل دورة رانكين الحرارية.

تطرق المؤلف في **الباب الثامن عشر** إلى طاقة موجات البحر والمد، فذكر القدرة الإجمالية من طاقة الموجة، وبعض تقنيات تحويل طاقة الموجة، ثم ذكر دورة الهواء. كما أشار إلى نظام المد والجزر، وكيفية



إنتاج الطاقة من هذه العملية، فذكر نظام المد مفرد البِركة، والنظام المعدل لمفرد البِركة، ونظام البركتان.

خصص المؤلف **الباب التاسع عشر** للخلايا الشمسية التي تعد المستقبل الواعد لإنتاج الطاقة الكهربائية؛ حيث شرح طاقة الفوتون، ونظرية الخلايا الشمسية، وذكر أنواع الخلايا الشمسية، مثل: خلايا السيليكون وحيدة البلورة، ومتعددة البلورات، وغير المتبلورة، وخلايا زرنيخات الجاليوم، وخلايا متعددة الوصلات، وخلايا أخرى مع ذكر أقصى كفاءة لكل نوع من الخلايا. ثم انتقل المؤلف إلى موضوع تشغيل الخلية الشمسية، وخصائص أدائها، كما ذكر مفقود الطاقة الشمسية للخلية، وعملية تحليل الأداء. وأشار إلى موضوع تخزين الطاقة، وكيفية تصميم محطة توليد شمسية، وطرق حساب زاوية ميل الوحدة الشمسية. كما ذكر المؤلف التطبيقات الكثيرة للخلايا الشمسية؛ فذكر ميزات تحويل الطاقة الشمسية وقيودها. ثم تطرق المؤلف إلى مبادئ حالة الصلابة، وطاقة **فيرمي** وطريقة حسابها، كما ذكر نظرية النطاق التي توضح خصائص الموصلات من أشباه الموصلات.

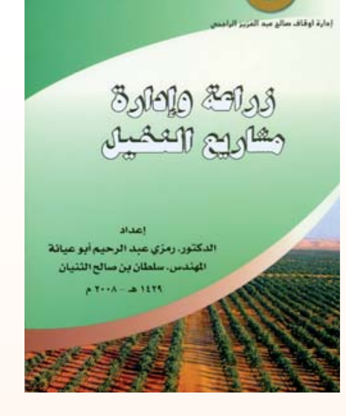
تطرق المؤلف في **الباب العشرين** إلى موضوع مصادر طاقة المستقبل، ذاكراً منها نوعين هما: طاقة الاندماج النووي، وطاقة الهيدروجين. فتحدث بمقدمة عن كل منهما وعن مميزاتهما ومصادر إنتاجهما والتطبيقات والنظريات المتعلقة بهما.

خصص المؤلف **الباب الحادي والعشرين** لأنظمة الطاقة المرتبطة، مقدماً نصائح كثيرة ومهمة تهتم بكافة المجالات الكهربائية، سواء في توليدها أو استخدامها، وتمحورت هذه النصائح حول جوانب اقتصادية وأخرى صناعية، مؤكدًا بنظريات تساعد بشكل ملموس في رفع الكفاءة، وهي موجهة إلى المستهلك وإلى مقدم الخدمة على حد سواء، وأشار أيضا إلى التطور الصناعي، وتخزين الطاقة الميكانيكية، وتخزين الطاقة الكهروكيميائية "في البطاريات"، ومواضيع أخرى كثيرة ومتنوعة.

ختاماً يقدم هذا الكتاب موضوع توليد الطاقة الكهربية لطلبة الهندسة الكهربائية والمهندسين والفنيين العاملين في هذا المجال، عسى أن يجدوا فيه المعرفة الدقيقة السهلة التي تشبع المحترف وتدرب الفني وتمرن المبتدئ.



زراعة و إدارة مشاريع النخيل



صدر هذا الكتاب في طبعته الأولى عام ١٤٢٩هـ/٢٠٠٨م عن إدارة أوقاف صالح عبدالعزيز الراجحي، وقام بتأليفه كل من الدكتور/ **رمزي عبدالرحيم أبو عيانة**، والمهندس/ **سلطان بن صالح الثنيان**.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٢١٦ صفحة من القطع المتوسط، ويحتوي -بالإضافة إلى الأشكال والجداول- على ستة أبواب كالتالي: البرامج الزراعية لخدمة شجرة النخيل، ومخاطر استخدام المبيدات الكيميائية وبدائلها الآمنة، وأهمية التمور والمنتجات الثانوية للنخلة غذائياً وعلاجياً، والمصطلحات المحلية و الإقليمية للنخيل والتمور، وأهم نتائج زيارات الإدارة لبعض مشاريع النخيل ومصانع التمور داخل وخارج المملكة، وأضواء على الإدارة الزراعية بإدارة أوقاف صالح عبدالعزيز الراجحي.

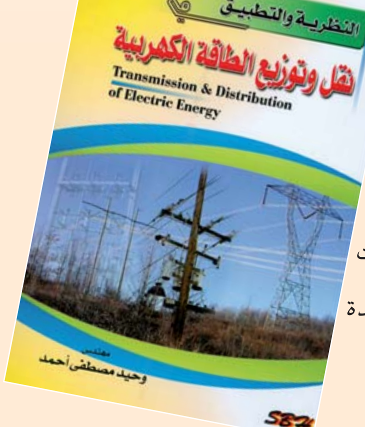
إدارة الآلات والقوى الزراعية



صدر هذا الكتاب في طبعته الثانية عام ١٤٢٩هـ/٢٠٠٨م عن النشر العلمي والمطابع- جامعة الملك سعود، وهو من تأليف **دونيل هانت**، وقام بترجمته للغة العربية كل من الدكتور/ **محمد فؤاد وهبي**، والدكتور/ **صالح بن عبدالرحمن السحيباني**، والدكتور/ **سعد بن عبدالرحمن الحامد**.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٨٩٠ صفحة من القطع المتوسط، ويحتوي -بالإضافة إلى الاشكال، والتمارين المعملية، والملاحق.- على ستة أبواب كالتالي: الأداء الاقتصادي، والتكاليف، والعمليات، والقدرة، واختيار المعدات، وتمارين معملية.

النظرية والتطبيق في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية



صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ٢٠٠٨م عن دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، وهو من تأليف المهندس/ **وحيد مصطفى أحمد**.

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٨١٣ صفحة من القطع المتوسط، ويحتوي- بالإضافة إلى الجداول والأشكال والملاحق- على خمسة عشر فصلاً كالتالي: توليد الطاقة الكهربية، ونظام القدرة، وعوازل الخط العلوي، والتصميم الميكانيكي للخطوط العلوية، والتفريغ الهالي، وثوابت خط النقل، وأداء خطوط النقل، والكابلات التحت أرضية، والتوزيع DC، والتوزيع AC، وتخطيط نظام التوزيع، وخطوط التوزيع الهوائية، والجهود الزائدة في النظام، وحماية النظام، وصيانة نظام التوزيع.



التيار المتردد Alternating current

تيار كهربائي يعكس اتجاهه بشكل دوري ويتذبذب بمقدار ٥٠ أو ٦٠ مرة في الثانية، حسب النظام الكهربائي المستخدم.

المواسع Capacitor

أحد مكونات الدوائر الكهربائية، وهو أداة تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية لمدة قصيرة من الزمن على شكل مجال كهربائي، ويتكون المواسع من لوحين موصلين يحمل كل منهما شحنة كهربائية متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه، وتقاس سعة المواسع بالفاراد.

الفرش الكربونية Carbon Brushes

مادة تصنع من الكربون أو من الكربون والجرافيت، وتستخدم لنقل التيار الكهربائي من العضو الدوار (الملف المتحرك) إلى الدائرة الخارجية في المولدات، وإلى عضو الاستنتاج (الملف الساكن) في المحركات لكي يكمل الدائرة.

الموصل Conductor

مادة تتوفر فيها إلكترونات حرة تسمح بنقل التيار الكهربائي من خلاله.

التفريغ الكهربائي Electrical Discharge

انتقال الشحنة الكهربائية المفاجئ واللحظي بين جسمين بينهما فارق في الجهد الكهربائي.

القوس الكهربائي Electric arc

تفريغ مضيء للتيار يتكون عندما يقفز تيار كهربائي قوي عبر فجوة بين قطبين كهربائيين، وينتج عنه حرارة شديدة.

التيار الكهربائي Electric Current

تدفق شحنات كهربائية –كالإلكترونات – في مادة موصلة كسلك معدني، وتقاس شدة التيار الكهربائي بالأمبير.

القدرة الكهربائية Electric Power

المعدل الزمني لتدفق الطاقة الكهربائية في دائرة كهربائية، وتقاس بالواط.

التردد Frequency

مقياس لتكرار حدث ما في وحدة قياس معيّنة، أو عدد الذبذبات خلال ثانية واحدة، ويقاس بالهيرتز.

المنصهر Fuse

قطعة تركب في الدوائر الكهربائية والإلكترونية، تقوم بفصل التيار الكهربائي في حالة حدوث دائرة قصر.

التأريض Grounding

توصيل المعدات الكهربائية أو أجزاء من النظام الكهربائي إلى الأرض لضمان التفريغ المتواصل والفعال لأي شحنات كهربائية موجودة، أو قد تتكون خلال العمل، وبشكل يمنع أي خطر على الأشخاص والمعدات.

حقل مغناطيسي Magnetic Field

قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالمغناطيس. أو الموصل الذي يمر به تيار كهربائي، أو بتعبير أبسط يمكن وصفها بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس ويظهر فيها أثره.

الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

عدد خطوط القوى المغناطيسية الكلي التي تمر خلال مساحة ما، ووحدة قياسها هي الويبر.

زاوية الطور Phase Angle

الفرق الجبري بين زاوية الجهد وزاوية التيار، وهي تساوي صفر في دوائر التيار المستمر لأن الجهد والتيار متزامنان في الطور.

الخلية الكهروضوئية Photovoltaic Cell

نوع من الخلايا تستخدم تأثير الضوء لتوليد الطاقة الكهربائية باستعمال فرق الجهد الذي ينشأ داخل المادة عندما يتعرض سطح الخلية إلى الإشعاع الضوئي.

المقاومة Resistance

قابلية المواد المعدنية الناقلة لمقاومة مرور التيار الكهربائي فيها، وتقاس بالأوم.

معامل الانزلاق Slip Factor

مدى انخفاض سرعة المحرك عن سرعة التزامن.

التخزين الحراري Thermal Storage

تقنية تستخدم لتخزين الحرارة – مثل حرارة المياه او السوائل الأخرى – في خزانات معزولة لاستخدامها لاحقاً.

التوربين Turbine

جهاز ذو عضو دوّار، يديره سائل أو غاز متحرّك، مثل الماء والبخار والغاز والهواء. يقوم بتحويل الطاقة الحركيّة – للسائل أو الغاز – إلى نوع خاص من الطّاقة الحركيّة، وهي طاقة الدّوران التي تُستخدم لتحريك الآلات.

الجهد الكهربائي Voltage

القوة الكهربائية التي تدفع بالتيار الكهربائي بين نقطتين، وتقاس بالفولت.

كيف تعمل الأشياء؟

لوحة مفاتيح الحاسب



د. ناصر بن عبدالله الرشيد

تعد لوحة مفاتيح الحاسب الآلي الأداة الرئيسة التي تربط مستخدم الحاسب بالحاسب نفسه، فهي تعمل كوسيلة إدخال للمعلومات، والوصول إلى القوائم، والتعامل مع الألعاب الإلكترونية، وإنجاز مهمات أخرى.

يختلف عدد المفاتيح على اللوحة بحسب الجهة المصنعة لها، ونظام التشغيل المصممة له، وفيما إذا كانت جزءاً من الحاسب، كما في الحاسبات المحمولة (Laptop)، أو مرتبطة به كما في حاسبات المكتب (Desktop). تتشابه المفاتيح في شكلها وحجمها تقريباً في معظم اللوحات، كما يفصل بينها مسافات متشابهة في الطرز المتشابهة بغض النظر عن اللغة أو الأحرف التي تمثلها المفاتيح.

مفاتيح اللوحة

يتراوح عدد المفاتيح في اللوحات المختلفة ما بين ٨٠-١١٠مفاتيح، يمكن للوحة المفاتيح أن تشتمل على أكثر من خريطة أحرف منفصلة؛ مما يمكن من استخدامها بعدة لغات في آن واحد، وهذا مفيد جداً للأشخاص الذين يكتبون بلغات فيها أحرف ليس لها مقابل في اللغة الإنجليزية، مثل: اللغة العربية، إضافة إلى ذلك فإنه يمكن تغيير سلوك لوحة المفاتيح لكي تناسب ذوي الاحتياجات الخاصة.

تصنف مفاتيح اللوحات إلى عدة مجموعات هي:

● مفاتيح الكتابة

تشتمل مفاتيح الكتابة على الحروف الأبجدية، مرتبة بشكل عام على نفس نظام الآلة الكاتبة، والذي يعرف بـ (QWERTY) والتي تمثل الحروف الستة الأولى للآلة الكاتبة، ويساعد هذا التصميم على عدم تشابك أذرع الأحرف بعضها ببعض، خصوصاً في حالة الأشخاص ذوي السرعة العالية في الكتابة، حيث سبق هذا التصميم ظهور الحاسب بوقت طويل.

يمكن أن تأخذ مفاتيح اللوحة ترتيبات أخرى من أشهرها (Dvorak) نسبة إلى (August Dvorak) - أول من استخدمها- حيث وضع أحرف العلة على الجانب الأيسر من اللوحة ومعظم الحروف الثابتة الشائعة على اليمين. ثم وضع الأحرف الشائعة الاستخدام في كتابة الرسائل في الصف الرئيسي، حيث يضع الناسخ أصابعه عندما يبدأ في الكتابة. يفضل بعض الناس نموذج (Dvorak)؛ لأنه كما يقولون يزيد من سرعة الكتابة ويقلل من التعب. يوجد أيضاً الطرز التالية: (ABCDE) و (XPeRT) و (QWERTZ) و (AZERTY)، والأخيران شائع استخدامهما في أوربا.

● مفاتيح الأرقام

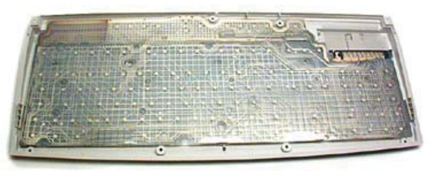
أدخلت مفاتيح الأرقام حديثاً عندما زاد استخدام الحاسب في قطاع الأعمال، وبالتالي زادت الحاجة إلى سرعة إدخال البيانات، خصوصاً وأن أكثر تلك البيانات من الأرقام. تتكون هذه المجموعة من ١٧مفتاحاً مرتبة بطريقة مماثلة لما هو موجود على الآلات الحاسبة، وبالرغم من إضافة مفاتيح خاصة بالأرقام؛ فإنه لم يتم إلغاء مفاتيح الأرقام التي توجد في شكل صف واحد بأعلى جزء من لوحة المفاتيح الخاصة بالحروف، حتى لا يؤثر ذلك على المستخدمين المعتادين على اللوحات القديمة.

● مفاتيح الوظائف

وسعت (IBM) في عام ١٩٨٦م لوحة المفاتيح الأساسية بإضافة مفاتيح جديدة تستخدم لوظائف محددة. تهدف المفاتيح الجديدة إلى مساعدة المستخدم على أداء الوظائف التي يريدها بسرعة أكبر وكفاءة أعلى. تتكون مفاتيح الوظائف من ١٢ مفتاحاً في صف واحد أعلى اللوحة، أي فوق مفاتيح الأرقام، حيث يختص كل مفتاح بوظيفة محددة خلال تشغيل أحد البرامج أو التطبيقات.

● مفاتيح التحكم

تشتمل مفاتيح التحكم على ١٣مفتاحاً، يقع معظمها بين مفاتيح الكتابة ومفاتيح الأرقام؛ لكي تكون قريبة من أصابع المستخدم. تشكل أربعة منها حرف(T) المقلوب، وهذه تتحكم بحركة المؤشر الذي يظهر على نفس الشاشة، مثل نقله من أول السطر إلى آخره، أو تحريكه من الأسفل إلى الأعلى. أما بقية مفاتيح التحكم فهي كما يلي: المنزل (Home)، والإدخال



■ ستكير الدوائر في لوحة المفاتيح.

(Insert)، والإلغاء (Delete)، والانتقال لصفحة علوية (Page up)، والانتقال لصفحة سفلية (Page down)، والتحكم (Control)، والتبديل (Alternate)، والهروب (Escape)، كما تمت إضافة بعض مفاتيح التحكم إلى لوحة مفاتيح النوافذ، هي: مفتاحي النوافذ (البداية)، والتطبيق. على الجانب الآخر تحتوي لوحة مفاتيح أبل على مفاتيح أوامر (تعرف بـ أبل)، كما تم تطوير لوحة مفاتيح لينوكس لكي تلائم مستخدميه، حيث اشتملت على مفتاح خاص يطلق عليه (Tux).

آلية عمل اللوحة

تتمثل آلية عمل لوحة المفاتيح بمرور التيار الكهربائي في الدائرة المغلقة، ويحدث ذلك عند الضغط على أحد المفاتيح، فيضغط على وصلة تغلق الدائرة فتمر كمية صغيرة من التيار في تلك الدائرة، فيقوم المعالج بالتعرف على المفتاح المضغوط. أما عند إبقاء المفتاح مضغوطاً لفترة فإن المعالج يتعرف عليها كأنه تم الضغط على ذلك المفتاح عدة مرات.

عندما يحدد المعالج الدائرة المغلقة فإنه يقارن موقع الدائرة على مصفوفة المفاتيح مع خريطة الحرف في ذاكرة القراءة، والتي تمثل بشكل مبسط خريطة مقارنة تقوم بإشعار معالج لوحة المفاتيح عن موقع كل مفتاح على الشبكة، وما تمثله كل ضغطة على مفتاح أو أكثر. فعلى سبيل المثال: عند الضغط على مفتاح الحرف (a) لوحده فقط فإنه سيظهر على الشاشة الحرف الصغير (a)، ولكن عند الضغط على مفتاح الحرف(a) مع مفتاح (Shift) فسيظهر عل الشاشة الحرف الكبير (A).



■ معالج لوحة المفاتيح.

تقنيات لوحات المفاتيح

تستخدم لوحة المفاتيح العديد من التقنيات، منها:

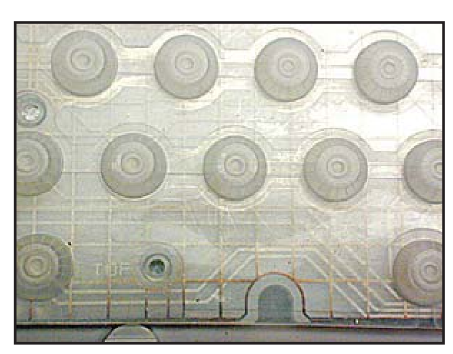
● **المفاتيح السعوية**

تعد تقنية المفاتيح السعوية (Capacitive switches) تقنية لا ميكانيكية؛ لأنها لا تقفل الدائرة بطريقة فيزيائية، مثل معظم تقنيات لوحات المفاتيح الأخرى، فبدلاً من مرور التيار بشكل مستمر في جميع أجزاء مصفوفة المفتاح. يوجد لكل مفتاح نابض، تتصل به من الأسفل صفيحة صغيرة جداً، وعند الضغط على المفتاح فإن تلك الصفيحة تتحرك إلى الأسفل حتى تقترب من الصفيحة أسفلها، وبالتالي يمر التيار خلال المصفوفة. يقوم المعالج بعد ذلك باكتشاف التغير في التيار وتفسيره، وتحديد المفتاح المضغوط. تعد لوحات المفاتيح التي تعمل بالمفاتيح السعوية غالية جداً، ولكنها تعيش لمدة أطول من غيرها، كما أنها لا تعاني من مشاكل الارتداد أو التوثب المفاجيء (Bounce)؛ لأنه لا يحدث تلامس مباشر بين السطوح.

● **المفاتيح الميكانيكية**

تعد جميع طرز المفاتيح الكهربائية المستخدمة في لوحات المفاتيح الأخرى ميكانيكية في طبيعتها، ولذا يصدر كل منها صوتاً مسموعاً عند الضغط عليه، وهذا يشعر مستخدم الحاسب بأنه تم الضغط على المفتاح بشكل مناسب، كما يحتاج المستخدم إلى الإحساس بعملية الضغط على المفتاح ورد الفعل عندما يرتفع إلى الأعلى بعد الضغط عليه، وهاتان الخاصيتان من الأمور المهمة في التعامل مع لوحة المفاتيح. تشتمل المفاتيح الميكانيكية على الأنواع التالية:

■ **مفاتيح القبب المطاطية**: وتتكون من قبب صغيرة ومرنة من المطاط مع مركز من الكربون الصلب. عند الضغط على المفتاح فإن الغاطس (Plunger) أسفل المفتاح يدفع القبة إلى الأسفل، فيلامس مركز القبة الكربوني السطح المستوي من دارة المفتاح، فيقفل الكربون الدائرة مادام المفتاح مضغوطاً عليه، وعندما يتحرر المفتاح من الضغط فإن القبة المطاطية تعود إلى حالتها الأولى، فتجبر المفتاح على العودة إلى وضعه الطبيعي، وبالتالي تنفتح الدائرة.



■ لوحة مفاتيح القبب المطاطية.

تعد مفاتيح القبب المطاطية شائعة الاستعمال، ورخيصة الثمن، كما تتميز باستجابة لمس جيدة، كما تقاوم التآكل وتسرب السوائل إليها بسبب طبقة المطاط التي تغطي مصفوفة المفاتيح.

■ **لوحة المفاتيح ذات الغشاء**: وفيها يستخدم غشاء قابل للتمدد من طرف إلى آخر يغطي كامل المصفوفة. يطبع على هذا الغشاء نمط معين من مادة موصلة بحيث يقوم بقفل الدائرة عند الضغط على أي من المفاتيح. تستخدم بعض لوحات المفاتيح ذات الغشاء سطحاً مستوياً، يوضح عليه بيانات لكل مفتاح بدلاً من أغطية المفاتيح (Keycaps).

لا تتمتع لوحات المفاتيح ذات الغشاء باستجابة جيدة للمس، كما أنها لا تشتمل على أجزاء ميكانيكية، ولذا فإنها عند النقر عليها لا تحدث الصوت الذي يفضل بعض الناس سماعه عند استخدامها، ولكنها تتميز برخص ثمنها.

■ **لوحة التوصيل المعدني (Metal contact)**: وهي غير شائعة الاستخدام. مزودة بنابض مع شريط معدني على أسفل الغاطس، وحينما يضغط على المفتاح فإن الشريط المعدني يوصل جزأي الدائرة. يتمتع هذا النوع باستجابة عالية للمس، وصوت مقبول ناتج عن النقر على المفاتيح، وقلة التكاليف، ولكن من عيوبه سرعة تمزقه وتآكله مقارنة بغيره من الأنواع، وكذلك عدم وجود أي حواجز تمنع وصول السوائل والغبار مباشرة إلى الدوائر ومصفوفات المفاتيح.

■ **لوحة الرغوة (Foam element)**: وهي مثل النوع السابق غير شائعة الاستخدام، ولها نفس التصميم تقريباً، ولكنها تختلف عنها بوجود قطعة من رغوة إسفنجية بين أسفل الغاطس والشريط المعدني، مما يوفر استجابة لمس جيدة، وصوت مقبول ناتج عن النقر على المفتاح، وقلة التكاليف.

● لوحات مفاتيح غير تقليدية

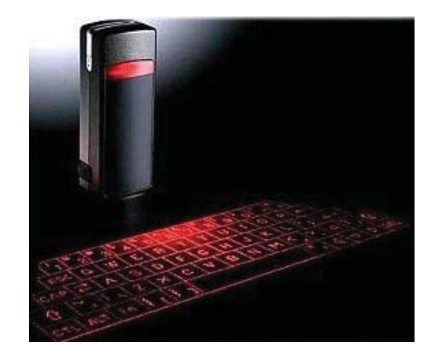
ظهرت العديد من التعديلات على لوحة المفاتيح التقليدية كمحاولة لجعلها أكثر أماناً وسهولة في الاستخدام، لأن بعض الناس ارتبط تعرضهم لإصابات الإجهاد المتكرر، مثل متلازمة النفق الرسغي، بكثرة استخدامهم للوحة المفاتيح، ومنها ما يلي:

■ **اللوحة المريحة (Ergonomic Keyboard)**: وتهدف إلى إبقاء يدي مستخدمها في وضع طبيعي في محاولة لمنع الأضرار. لا يختلف أبسط أنواع هذه اللوحة عن اللوحة التقليدية التي تقسم أسفل الوسط، بحيث تبقى يدي الشخص متباعدة، وتجعل الرسغ في محاذاة مقدم الذراع. هناك تصاميم أكثر تعقيداً، منها ما يجعل نصفي لوحة المفاتيح في زوايا مختلفة كل منها مع الآخر ومع السطح الذي توضع عليه، كما أن بعضها ذهب إلى أبعد من ذلك، بوضع نصفي اللوحة على مسندي ذراع الكرسي، أو جعلها متعامدة تماماً على سطح المكتب.

■ **لوحة داز (Das Keyboard)**، وهي لوحة سوداء تماماً تحمل مفاتيح يمكن ضبطها بحيث تتطلب قوة ضغط كبيرة في حالة الأصابع القوية، وقوة ضغط أقل في حالة الأصابع الأضعف.

■ **لوحة مفاتيح الليزر المرئي (Virtual Laser Keyboard)**: وهي عبارة عن لوحة مفاتيح توضع على سطح مستوي، بحيث يقوم الشخص بتمرير أصبعه خلال حزمة الأشعة تحت الحمراء الساقطة على السطح، فيقوم الحساس بتفسيرها كنقر على المفاتيح.

نظراً لمعاناة مستخدمي الأجهزة المحمولة من حاسبات وهواتف من صغر المسافة بين المفاتيح، مما يجعل من الصعوبة الضغط عليها، فقد طورت بعض الشركات لوحة مفاتيح تعمل بأشعة الليزر المرئية لكي تصاحب الأجهزة المحمولة، يمكن ربطها بتلك الأجهزة، فتعرض على سطح مستوي لوحة المفاتيح بحجمها الكامل. عند استخدام هذا النوع من اللوحات، فإنه لا توجد مفاتيح، ولا أي أجزاء متحركة على الإطلاق، ولكن يقوم الجهاز فقط بعرض صورة للوحة المفاتيح على سطح مستوي وغير عاكس، باستخدام صمام ثنائي يصدر أشعة ليزر حمراء. يسقط الليزر على السطح المستوي من خلال مادة ضوئية انحرافية. تعمل المادة الضوئية الانحرافية مع عدسات ضوئية خاصة على تكبير الصورة إلى الحجم المناسب للاستخدام، وإسقاطها على السطح المستوي.


■ لوحة مفاتيح الليزر المرئي.

■ **لوحة اللمس (True-touch Roll-up Keyboard)**: وهي عبارة عن لوحة مصنوعة من مادة مرنة قابلة للطي لوضعها في حقيبة الظهر، مفاتيحها مضيئة، تستخدم صمام ثنائي لإرسال الضوء خلال المفاتيح أو من خلال المسافات التي بينها.

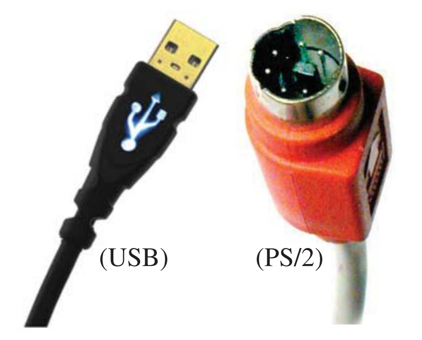

■ لوحة مفاتيح تعمل باللمس.

توصيل لوحة المفاتيح بالحاسب

توصل كثير من لوحات المفاتيح بالحاسب بواسطة سلك له طرف من نوع (PS/2) أو (USB). أما الحاسب المحمول فيستخدم موصلات داخلية، وبغض النظر عن نوع الموصل المستخدم فإنه يجب أن يحمل الطاقة إلى لوحة المفاتيح، والإشارة من اللوحة المفاتيح إلى الحاسب، كما يمكن أيضاً توصيل لوحة المفاتيح إلى الحاسب الآلي لا سلكياً بواسطة الأشعة تحت الحمراء، أو موجات الراديو، أو البلوتوث.

يشبه اتصال لوحة المفاتيح عن طريق الأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو عمل جهاز التحكم عن بعد، وبغض النظر عن نوع الإشارة المستخدمة فإن لوحة المفاتيح اللاسلكية تحتاج إلى مستقبل سواء كان مثبت في الجهاز أو متصلاً به عن طريق مدخل الـ (USB)، ونظراً لأن لوحات المفاتيح اللاسلكية لا تتصل مباشرة مع الحاسب فإنها تحتاج إلى توصيلها بمصدر التيار المتذبذب أو تستخدم بطاريات جافة لتزويدها بالطاقة.

بغض النظر عن كون الإشارة من لوحة المفاتيح تصل إلى الحاسب مباشرة عن طريق موصل أو لاسلكياً، فإنها تراقب بواسطة مراقب لوحة المفاتيح الذي يتكون من دائرة متكاملة (Integrated circuit-IC)، لمعالجة جميع البيانات الصادرة منها ومن ثم توجيهها إلى نظام التشغيل في الحاسب، وعندما يشعر نظام التشغيل بوجود معلومة من لوحة المفاتيح، فإنه يفحصها ليتأكد فيما إذا كانت البيانات أمر على مستوى النظام أم لا، وكمثال جيد على ذلك فإنه عند الضغط على المفاتيح (Ctrl-Alt-Delete) على حاسب النوافذ. يقوم نظام التشغيل - بعد التمهيد لها - بتمرير المعلومة إلى التطبيق المباشر.



■ كيابل توصيل لوحة المفاتيح بالحاسب (PS/2) أو (USB).

يحدد التطبيق فيما إذا كانت بيانات لوحة المفاتيح أمر أو غير ذلك، ففي حالة الأمر يحدث عند الضغط على المفاتيح (Alt-f) فتح قائمة الملفات في تطبيقات النوافذ. أما إذا كانت البيانات ليست أمراً فإن التطبيق يقبله كمحتوى، والذي قد يكون أي شيء من كتابة الوثائق، إلى الدخول إلى العنوان العالمي للوثائق والمصادر الأخرى على الشبكة العنكبوتية (Uniform Resource Locator-URL)، إلى تنفيذ العمليات الحسابية. أما إذا لم يقبل التطبيق الحالي بيانات لوحة المفاتيح فإنه ببساطة يهمل المعلومة.

المصادر

http://computer.howstuffworks.com/keyboard.htm
http://computer.howstuffworks.com/keyboard1.htm
http://computer.howstuffworks.com/keyboard2.htm
http://computer.howstuffworks.com/keyboard3.htm
http://computer.howstuffworks.com/keyboard4.htm
http://computer.howstuffworks.com/keyboard5.htm



سرعة الإفلات

كل شيء في هذا الكون يعيش حالة من التجاذب من الذرة إلى المجرة، وبالتالي فإن جميع الأجسام التي تقع على الأرض أو في مجالها فإنها تقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية، ولا يمكنها أن تتحرر منها إلا عندما تنطلق بسرعة محددة تعرف بسرعة الإفلات. تعرف سرعة الإفلات بأنها السرعة التي تكون عندها طاقة الحركة لجسم ما مساوية لطاقة الوضع (هي الطاقة الكامنة التي يكتسبها الجسم بسبب وقوعه تحت تأثير قوة جذب، مثل: جاذبية الأرض)، والتي تعتمد على كتلة الكوكب وليس على كتلة الجسم، وقد قدر العلماء سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية بـ ١١,٢كم/ثانية.

فلذات أكبادنا

يسعدنا في هذا العدد أن نقدم لكم تجربة مبسطة تهدف إلى تمثيل سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية أو غيرها من الأجرام السماوية.

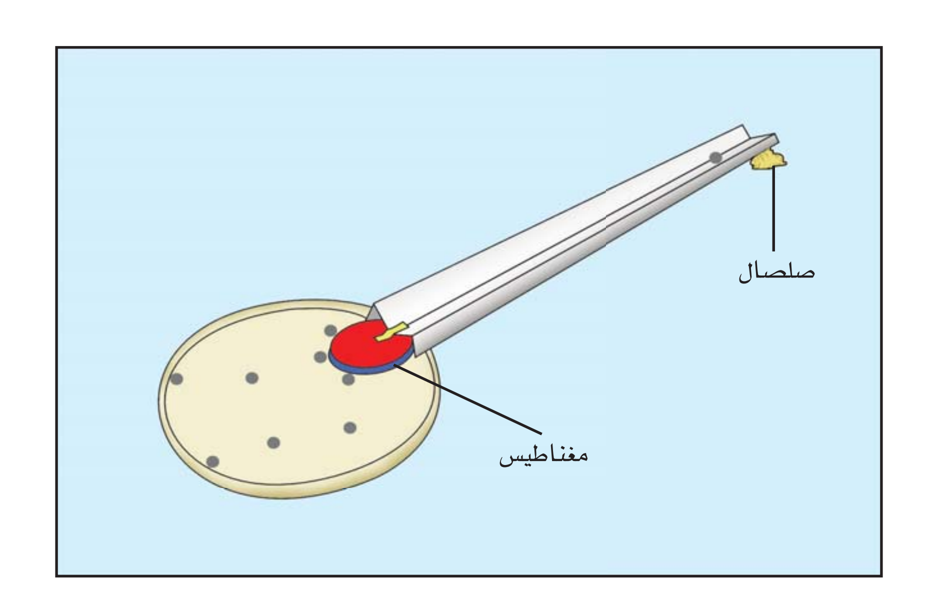
الأدوات

- أي شكل من أشكال المغناطيس.
- كرات صغيرة من الحديد وطبق من البلاستيك، ومقص، وصلصال، وشريط لاصق وورق مقوى بطول ٣٠سم وعرض ١٠سم.

خطوات العمل

١- اثن قطعة الورق المقوى على شكل حرف (M).

٢- ضع المغناطيس في طبق البلاستيك.



٣- الصق أحد طرفي قطعة الورق المقوى المثنية على شكل حرف (M) على السطح العلوي للمغناطيس باستخدام الشريط اللاصق، وارفع الطرف الآخر لها باستخدام الصلصال، بحيث يكون أعلى قليلاً من طرفها داخل الصحن؛ لتُكَوِّن قناة تصب في حوض.

٤- ضع كرة حديدية واحدة عند الطرف العلوي للورقة المثنية، واتركها تتدحرج، ماذا تشاهد؟.

٥- ارفع طرف القناة قليلاً إلى أعلى، ثم ضع كرة أخرى واتركها تتدحرج، واستمر في رفع طرف القناة وفي كل مرة ضع كرة، ماذا تشاهد؟

المشاهدة

نشاهد أنه عندما يكون ميل القناة يسيراً فإن الكرات الحديدية تنجذب إلى المغناطيس، ولكن عندما يكون الميل كبيراً فإن الكرات تتدحرج وتمر فوق المغناطيس، ولكنها لا تنجذب إليه بل تواصل طريقها إلى صحن البلاستيك، كما في الشكل.

الاستنتاج

نستنتج أنه كلما زاد ميل القناة، زادت السرعة الاتجاهية للكرات؛ وبالتالي زادت كمية الحركة، فإذ وصلت كمية التحرك إلى مستوى معين، فإن قوة جذب المغناطيس لا تستطيع الإمساك بالكرات وإيقافها، وهذا ما يطلق عليه سرعة الإفلات، وعليه يمكن مقارنة سرعة كرات الحديد وإفلاتها من قوة جذب المغناطيس بسرعة الصاروخ الاتجاهية التي يفلت فيها من قوة جاذبية الأرض.

المصدر

سلسلة العلماء الصغار.

تجارب علمية مسلية في الفلك.

دار الرشيد، دمشق - بيروت.



مسابقة العدد

قطعة الأرض

قطعة أرض مربعة الشكل يراد تقسيمها إلى إحدى عشرة قطعة باستخدام أربعة مستقيمات.

علماً، بأنه لا يشترط فيها تطابق المساحة ولا الشكل.

إذا عرفت حل قطعة الأرض فلا تتردد في إرسال الإجابة؟

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **قطعة الأرض** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :

١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة.

٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء

٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً مع ذكر رقم الاتصال هاتف، فاكس، بريد إلكتروني

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله تعالى.

حل مسابقة العدد السابق

السكرتير

لايحتاج تحديد عدد أعضاء الاجتماع إلى معادلات رياضية ولا إلى عمليات حسابيه معقدة، ولكن يحتاج إلى إيجاد العدد الذي يمكن قسمة أوراق المحضر التي صورها السكرتير عليه بدون باقي، بحيث يكون أكبر من واحد وأقل من عشرين، وحيث أن العدد (٣٧١) لا يقبل القسمة إلا على (٧) و(٥٣)، وحيث أن العدد (٧) هو الذي يحقق الشرط.

لذا فان عدد الأعضاء يكون (٧)، وعدد أوراق المحضر يساوي (٥٣) ورقة.

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد السابق، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروطالمسابقة، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد. وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من:

١- سيد عبده سيد / مصر / القاهرة
٢- لينة محمد سنبل
٣- عبدالرحمن وجيه بيومي

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .



«دراسة آثار الانقطاعات الكهربائية لعينة من كبار المشتركين في المملكة»

من المعلوم في تخطيط أنظمة الطاقة الكهربائية، أن ثمة ظاهرة مألوفة تصاحب نمو النظام الكهربائي وتطوره وتوسعه، ألا وهي الطلب المتزايد من قبل المشتركين على استهلاك الطاقة الكهربائية، والاعتماد عليها في جل شئونهم الحياتية، إلى حد أضحى معه أن انقطاع تلك الطاقة، وحرمان المشترك منها، ولو لفترات قصيرة، سيؤدي إلى حدوث تبعات جسيمة تولد مشاعر نفسية حادة وخسائر مادية باهظة بالنسبة لجهة الطلب (المشتركون)، إضافة إلى الخسائر المالية التي ستمنى بها جهة الإمداد (شركة الكهرباء)، والمتمثلة في فقدان مبيعات الطاقة، وبالتالي تأثر الدخل الذي تحظى به الشركة من تلك المبيعات؛ ولذا كان لزاما على جهة الإمداد أن تراعي احتياجات وتوقعات المشتركين (مستهلكي الطاقة)، من حيث تلافي الانقطاعات الكهربائية، والالتزام بمعايير مقبولة في مستويات الخدمات الكهربائية المقدمة، والمتمثلة في توفير خدمات كهربائية ذات موثوقية جيدة ونوعية عالية في الكفاءة والأداء.

ومن هذا المنطلق فقد قامت **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية**، بتمويل البحث رقم (ق أ-٣-١) بالعنوان المذكور أعلاه والذي قام به مجموعة من الباحثين، برئاسة الدكتور **محمد عبدالعظيم عبدالهادي قاضي**، حيث تم تنفيذ المشروع من عام ١٤٢٥هـ إلى عام ١٤٣٠هـ.

هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى تقصي الآثار النفسية، والمادية، الناجمة عن انقطاعات الخدمة الكهربائية على مشتركي هذه الخدمة بمختلف فئاتهم في مدينة الرياض. وذلك باستخدام طرائق وأساليب ذات تحليل دقيق وفاعلية عالية، تأخذ في اعتبارها كل الاحتياجات والمتطلبات بالنسبة للشركة السعودية للكهرباء (جهة إمداد الطاقة)، ومشتركيها (جهة استهلاك الطاقة)، على حد سواء. ولتحقيق هذا الهدف فقد تولى الباحثون التعرف بشكل دقيق على أساسيات مهمة ذات صلة وثيقة بالانقطاعات كنوع وطبيعة وموضع الانقطاع، وكذلك تحديد أمد الانقطاع ومدى شدته ووطأته.

آلية البحث

تمت الدراسة في هذا البحث على أساس عمل استبيانات تمثل مسحا شاملا على المشتركين، لمعرفة أرائهم وتقويمهم لانقطاع وتوقف الطاقة، وتأثير ذلك على أعمالهم وسلوكهم ونشاطاتهم، وهؤلاء المشتركون هم: المستهلك السكني، المستهلك التجاري، المستهلك الصناعي، المستهلك الحكومي.

طرق البحث

قام الفريق البحثي بجمع التقارير، والمستندات، والدراسات المطلوبة، ذات الصلة بطبيعة هذا البحث، حيث روعي في ذلك أن تكون تلك الوثائق حديثة، وموثقة، لاستخدامها والاستفادة منها، عند تطبيق برامج ونماذج حاسوبية في مراحل عمل متتالية تشمل مايلي:

١- إجراء مسوحات لتقصي أسباب انقطاعات الخدمة الكهربائية، والتعرف على مصادرها في جزء محدد من شبكات القدرة المغذية لعينة من المستهلكين، ولقد تم تشخيص تلك المسببات لانقطاعات الخدمة، والتعرف على مصادرها بالاعتماد على تقويم تقني، وباستخدام طرق مسحية إحصائية، بالإضافة إلى ما توفر من معلومات تاريخية في سجلات موثقة لدى الشركة عن حوادث الانقطاعات في الخدمة الكهربائية.

٢- تنظيم وتمحيص الدراسات والأبحاث التي تم تجميعها وانتقاؤها بعناية، بحيث تتمتع بصفة الجدة والحداثة من حيث الأساليب والتطبيق، وذات الارتباط الوثيق بنظام الشركة السعودية للكهرباء، وأنظمة مماثلة، ومضاهية للأحوال السائدة في المملكة من حيث التصميم، وأنماط الاستهلاك، وأشكال الأحمال، وممارسات الإدارة، والتشغيل.

٣- تحليل العوامل والقيم ذات العلاقة، والتأثير في انقطاعات الخدمة الكهربائية في أنظمة التوزيع الكهربائية ذات الحجم الكبير، والتي تنشأ عادة بفعل أسباب مرتبطة بالتصميم والتشغيل أو بسبب تأثيرات وعوامل خارجية؛ ويهدف هذا التحليل إلى تحقيق غرضين رئيسين:

(أ)- التمييز بشكل واضح وجلي بين تلك العوامل، والقيم المرتبطة بانقطاعات الخدمة الكهربائية، وذلك ضمن النطاق المحدد للدراسة المعنية.

(ب)- تحليل طبيعة ومدى اعتماد وارتباط الانقطاعات على تلك العوامل، والقيم التي تم التعرف عليها وجمعها وتحليلها.

٤- تصنيف الآثار والتبعات لتلك الانقطاعات إلى صنفين رئيسين:

(أ)- الآثار المحسوسة أو المادية، وتتمثل في فقدان الدخل وفساد المنتجات وشلل العمل والإصابات الشخصية.

(ب)-الآثار المعنوية أو النفسية، وتتمثل في التوتر والضيق وفقدان الراحة.

٥- تحليل الحساسية، لتحديد القيم السائدة والمؤثرة للانقطاعات المبني على تصميم متكامل، لجملة من القيم والمؤشرات السائدة ذات تأثير وارتباط بحجم التكاليف ومستوى الأداء، ومن ثم مقارنتها بمؤشرات أخرى بغية الحصول على قيم تلك المؤشرات ذات الحساسية العالية وذات التأثير الفوري والحاد لانقطاعات الخدمة الكهربائية.

٦- تطبيق الطرق المطورة على عينات مختارة من الصناعيين الكبار،وذلك من أجل إبراز فاعلية، وجدوى تلك الطرق والأساليب والآليات والنماذج التي تم تطويرها وتبنيها في هذه الدراسة؛ لتحديد وإزالة تلك الآثار الناجمة عن انقطاعات الخدمة الكهربائية.

النتـــــائج

أظهرت نتائج الدراسة أن آثار انقطاع التيار الكهربائي تختلف باختلاف نوع المستهلك، وذلك وفقا لمايلي :

- **المستهلك السكني**

بينت النتائج - من خلال ٢١٢ استبياناً تم الاستجابة لها والرد عليها - أن هناك شبه إجماع على أن الانقطاعات الكهربائية خلال السنتين الماضيتين لم تتعد انقطاعا واحدا أو انقطاعين على الأكثر، كما أن الردود عكست آراءهم في مستوى استطاعة واعتمادية النظام الكهربائي حيث بينت ثقة ورضا المشتركين عن مستوى الخدمة الكهربائية التي تقدمها لهم شركة الكهرباء في منطقتهم، كما أضحت الردود تسلسل أهمية الأدوات والأجهزة التي سيحرم من استخدامها أثناء حدوث الانقطاعات، وأجمعوا على أن أجهزة التكييف هي أهم الوسائل التي سيعاني منها المشترك السكني وخاصة في فصل الصيف، يليها الإنارة خاصة فترة المساء، وبعد ذلك وسائل الطبخ والغسيل والتشطيف، وأخيرا وسائل الترفيه. ومن الجدير ذكره أنه عند تحليل خسائر المشتركين السكنيين؛ فقد اتضح أن التكاليف تزداد بشكل متسارع إذا استمر الانقطاع لفترات أطول وخلال مواسم معينة، ولكن معظم الخسائر تنحصر في المعاناة النفسية نتيجة لحرمانهم من الاستفادة من الأجهزة المنزلية المختلفة.

- **المستهلك التجاري**

أوضحت المعلومات التي أدلى بها المستهلكون التجاريون، أن معدل التكاليف(ريال / كيلوات ساعة) تتغير تبعا لتغير فترات الانقطاع، كما أبرزت أهمية الإنذارات المبكرة للانقطاعات المجدولة من قبل شركة الكهرباء، حيث تقل الخسائر إذا كان لديهم علم مسبق بوقت الانقطاع.

- **المستهلك الصناعي**

أوضحت نتائج المعلومات التي أدلى بها المستهلكون الصناعيون، أن الخسائر تكون فادحة مع تكرار فترات الانقطاع المفاجئة، ولكنها تنخفض بشكل واضح لو كان لديهم علم مسبق بوقت الانقطاع؛ حتى يتمكنوا من تهيئة واستخدام مصادر بديلة.

- **المستهلك الحكومي**

بينت نتائج الاستبيان أن معظم الخسائر تنحصر في معاناة نفسية واضحة جراء توقف سير الأعمال التي تعتمد بشكل مباشر على توفر الخدمة الكهربائية كالإنارة وأجهزة الحاسب الآلي، وبعض الأجهزة الأخرى مثل المصاعد الكهربائية، كما كشفت النتائج عن أهمية حساسية انقطاع الكهرباء؛ لاعتمادها بشكل كبير على الطاقة الكهربائية في علاج المرضى؛ مما يستدعي الأخذ بوسائل احتياطية لتفادي آثار تلك الانقطاعات والتخفيف منها.

التوصيـــــــات

تمثلت تلك التوصيات التي تم تضمينها في نهاية البحث في اقتراحات لتحسين الأداء، وتقديم أساليب جديدة للتبني والتطبيق من شأنها أن تكون ذات فعالية وجدوى في تقليل آثار انقطاعات الخدمة الكهربائية وإزالة تبعاتها السيئة (مادية ومعنوية ونفسية)، ولقد روعي في تلك التوصيات أن تكون موائمة للظروف، والأحوال السائدة في بيئة النظام الكهربائي في المملكة. ومن أبرز تلك التوصيات، ما يلي:

١- تفعيل وتطبيق استراتيجيات إدارة الأحمال من قبل شركة الكهرباء، وذلك بالتعاون والتنسيق بينها وبين قطاعات المشتركين (وبخاصة القطاع الصناعي) في إزاحة أحمالهم إلى خارج أوقات الذروة (فترة الحمل الأقصى)، ومنحهم حوافز وتعريفات مخفضة تبعا لذلك.

٢- القيام بدراسات مكثفة لتقصي وتحري أسباب الانقطاعات الكهربائية، ومن ثم تقدير تكاليفها حتى يمكن مواءمة تلك التكاليف مع تكاليف النظام الكهربائي (الرأسمالية الثابتة والتشغيلية المتغيرة)، تمهيداً لتقييم المستوى الأمثل لموثوقية النظام الكهربائي وقياس مدى جودته وكفاءته.

٣- التخطيط السليم والمنظم للنظام الكهربائي للشركة والذي يأخذ في الاعتبار تقدير كيفية ومدى نمو الأحمال الكهربائية المستقبلية (تزايد أعداد المشتركين)، حتى يتسنى للشركة تباعا، وبانتظام إضافة قدرات جديدة وتعزيز للشبكات؛ لمجابهة تلك الأحمال وتغطيتها في حينه تفاديا للانقطاعات وتبعاتها السيئة والمكلفة.

٤- ضرورة قيام القطاع الصناعي بتركيب مولدات احتياطية تحسبا لأي انقطاعات مفاجئة قد تعطل العمل، وتشل حركته؛ مما ينجم عنه من خسائر مادية وتدن في جودة المنتجات.

٥- تكثيف حملات التوعية بترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، والحفاظ عليها وعدم هدرها. وهناك جهات معنية بهذه الحملات، مثل: وزارة المياه والكهرباء، وشركة الكهرباء، والهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة.

شريط المعلومات

تواصل ارتفاع حرارة الأرض

أشارت دراسة حديثة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا إلى أن درجة حرارة الأرض في ازدياد مستمر منذ يناير ٢٠٠٠م حتى ديسمبر ٢٠٠٩م، وأن ذلك النمط في ارتفاع درجة الحرارة كان مماثلا للعام ١٨٨٠م. إضافة لذلك فإن درجات الحرارة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي عام ٢٠٠٩م سجلت ارتفاعا كبيرا لم يسبق له مثيل.

من جانب آخر أكد الباحثون بمعهد جودارد لعلوم الفضاء بنيويورك، بالولايات المتحدة التابع لوكالة الفضاء ناسا، أن عام ٢٠٠٨م كان أبرد عام خلال قرن كامل، وذلك بسبب ظاهرة إعصار لانينا القوي (La Nina) الذي أدى إلى تبريد مياه المحيط الهادىء.

يشير **جيمس هانسن** (James Hansen) المشرف على المعهد إلى أن هناك اهتماما دائما بحساب معدلات درجات الحرارة السنوية على كوكب الأرض، إلا أن تلك الحسابات – رغم أنها تساعد على فهم العديد من الظواهر البيئية السلبية، مثل: الاحتباس الحراري، وحرائق الغابات، وأدخنة المصانع، وتلوث البحار والمحيطات – تعد غير دقيقة للغاية.

كما يشير العلماء إلى أن درجات الحرارة على كوكب الأرض في ازدياد مستمر، حيث وصلت خلال الفترة من ١٨٨٠م وحتى ٢٠٠٩م إلى ٠,٨° م بمعدل قدره حوالي ٠,٦٢° م لكل مئة عام.

ويذكر **جيفن شميدت** (Gaven Schmidt) خبير علوم البيئة والأرصاد بالمعهد أن الضغط الجوي المرتفع في المناطق القطبية قد ساهم في خفض سرعة الرياح الشرقية الغربية مع زيادة سرعة الرياح من الشمال تجاه الجنوب؛ مما أدى بشكل غير معتاد إلى تشكل هواء متجمد (Frigid air) انتشر من المناطق القطبية وامتد إلى أمريكا الشمالية، بحيث أصبحت هذه القارة أبرد من المعتاد، في حين أن القطب المتجمد الشمالي كان أقل برودة قبل ثلاثة قرون مما هو عليه الآن.

تجدر الإشارة إلى أن مركز الأرصاد التابع لوكالة الفضاء ناسا يستمد معلوماته من ثلاثة مصادر موثوقة للوصول إلى تحليلات درجات الحرارة، وهي كل من:

١- بيانات الأحوال الجوية والطقس من آلاف محطات الأرصاد حول العالم.

٢- صور الأقمار الاصطناعية للمسطحات المائية في الكرة الأرضية والتي توضح درجات حرارة المحيطات والبحار.

٣- محطة المركز البحثي بالقطب الجنوبي.

المصدر:-

www.sciencedaily.com(Jan22,2010)

فوائد الألياف الذائبة

أشارت دراسة حديثة قام بها باحثون من جامعة إلينوي، الولايات المتحدة إلى أن هناك فوائد صحية كثيرة للألياف الذائبة (Soluble fibers) الموجودة في الشوفان والتفاح والجوز، حيث إنها تخفض حالات الإصابة بأمراض الالتهاب المرتبط بالبدانة (Obesity-related diseases). كما أنها تعمل على تقوية الجهاز المناعي للإنسان.

يشير **جريجوري فروند** (Gregory Freund) الأستاذ بكلية الطب بالجامعة إلى أن الألياف الذائبة تعمل على تغيير عمل الخلايا المناعية، حيث يعد تحولها من خلايا خبيثة أو ملتهبة إلى خلايا مضادة للالتهابات عاملا مساعدا لشفاء الخلايا المصابة؛ مما يقلل من فترة النقاهة عند الإصابة بالالتهابات المزمنة.

يضيف **فروند**: «أن سبب حدوث ذلك يعود إلى أن الألياف الذائبة تعمل على زيادة بروتين (إنترليوكن-٤) (4-Interleukin) المضاد للالتهاب والموجود في الجسم.

قام **فروند** بإجراء تجربة على الفئران، حيث تم تقسيمها إلى مجموعتين وتم إعطاء المجموعة الأولى نوعين من وجبات غذائية متطابقة منخفضة السعرات الحرارية تحتوي على ألياف ذائبة، بينما تم إعطاء المجموعة الثانية وجبات منخفضة السعرات الحرارية وتحتوي على ألياف غير ذائبة. والأخرى تحتوي على ألياف غير ذائبة. وبعد مرور ٦ أسابيع على تناول تلك الوجبات قام العلماء بحقن فئران المجموعتين بمادة ليبوبولي ساكرايد (Lipopolysaccharide) والتي تحاكي دور البكتيريا في خاصيتها الإمراضية.

تذكر **كريستينا شيري** (Christina Sherry) أحد أعضاء الفريق البحثي المشرف على هذه الدراسة أنه بعد مرور ساعتين من الحقن اتضح أن الفئران التي تغذت على الألياف الذائبة انخفضت نسبة إصابتها المرضية إلى ٥٠٪ مقارنة بالفئران التي تغذت على الألياف غير الذائبة، وأن هذه النتيجة ظلت مستمرة لمدة ٢٤ ساعة، كما أن فئران المجموعة الأولى أظهرت تغيرات إيجابية في جهازها المناعي خلال فترة الدراسة.

يشير **فروند** إلى أن الأبحاث جارية لتحسين خواص الوجبات المرتفعة الدهون، بحيث يتم تطوير تأثيراتها الصحية المضادة للالتهابات، وخفض تأثيراتها السلبية، مثل: ارتفاع نسبة الجلسريدات الثلاثية والجلوكوز في الدم، عن طريق إضافة الألياف الذائبة إلى تلك الوجبات الدهنية.

تعد هذه الدراسة هي الأولى من نوعها التي تثبت وجود تأثيرات إيجابية مباشرة مضادة للالتهاب في الألياف الذائبة يمكنها تعزيز قوة الجهاز المناعي في الإنسان.

تذكر **شيري** أن المقدار اليومي الموصى به من الألياف – حسب إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) - يتراوح بين ٢٨ – ٣٥ جراما. وتضيف **شيري** أن المصادر الغذائية الجيدة للألياف الذائبة هي نخالة الشوفان (Oat Bran) والشعير (Barley)، والبندق (Nut)، والبذور (Seed)، وفواكه الحمضيات (Citrus fruits)، والتفاح والفراولة إضافة إلى الجزر.

أما الألياف غير الذائبة فتوجد في منتجات الحبوب الكاملة والخضراوات الورقية الخضراء، حيث يعد هذا النوع من الألياف مفيد في تحسين وإتمام عملية الهضم إلا أنه لا يعزز من قوة الجهاز المناعي، كما تعمل الألياف الذائبة.

المصدر:-

www.sciencedaily.com(Mar17,2010)

هرمون نباتي يرفع إنتاجية محصول القطن

اكتشف باحثون من مختبرات إدارة الخدمات الزراعية (Agriculture Research Services-ARS) التابعة لوكالة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) بمدينة لوبوك، تكساس بالولايات المتحدة، وجود تأثير إيجابي للهرمون النباتي سيتوكينين (Cytokinins) - المستخدم بكثرة في تحفيز نمو التفاح والفستق - إلى محصول نبات القطن وأن ذلك يزيد من إنتاجية المحصول حتى تحت ظروف الجفاف وقلة مصادر المياه، وقلة عمليات الري المنتظمة للمحصول، وقد تم منح الباحث الرئيس في هذا المشروع **جون بورك** (John Burke) براءة اختراع على هذا الاكتشاف من قبل إدارة الغذاء والدواء.

وجد **بورك** أن إضافة هرمون السيتوكينين إلى محصول القطن قد رفع إنتاجيته بنسبة تراوحت بين ٥- ١٠٪ وذلك تحت ظروف قلة وشح موارد المياه، كما أكدت الدراسة أن هرمون السيتوكينين لا يرفع إنتاجية محصول القطن ولا يخفضه في حال توفر مصادر المياه للمحصول أو في ظل هطول الأمطار؛ مما يجعل استخدام هذا الهرمون آمنا تحت جميع الظروف المناخية.

يشير **بروك** إلى أن استخدام هذا الهرمون في محاصيل القطن لا يتطلب مجهودا من المزارعين، حيث يمكن إضافته في وقت مبكر من موسم الزراعة، وبتركيزات منخفضة نسبيا إلى بذور نبات القطن أو يضاف إلى النبات كاملا وذلك من أجل الحصول على الفعالية القصوى للهرمون والإنتاجية الأكثر للمحصول.

ومن الجدير بالذكر أن إدارة الغذاء والدواء تتعاون مع شركات تجارية لتسويق هذا الهرمون بشكل تجاري حتى يصل للمزارعين ويستفيدوا منه لتطوير محاصيلهم كما سيقوم الفريق البحثي المشرف على هذه الدراسة بتجربة تأثير الهرمون سيتوكينين على محاصيل أخرى مستقبلا.

يذكر **بورك** أن هرمون السيتوكينين يحفز انقسام الخلايا النباتية ونمو النباتات، وفي نبات القطن يعمل السيتوكينين على تحفيز نمو ساق النبات الرئيس والفروع الجانبية له، كما يتم إستخدام السيتوكينين زراعيا لتحفيز نمو بساتين التفاح والفستق.

ويضيف **بورك** أن نصف محصول القطن في الولايات المتحدة ينمو في مناطق قاحلة بولاية تكساس، بالإضافة إلى قصر موسم النمو. كما أن ٦٠-٦٥٪ من مساحة تلك المناطق جافة وقاحلة وتعتمد على مياه الأمطار ورطوبة التربة. كما أن بذور القطن لها جذور قصيرة بحيث يصعب عليها امتصاص مياه التربة الرطبة؛ لذا فإن السيتوكينين يحفزه لبناء جذور قوية يمكنها اختراق عمق التربة للاستفادة من مياه التربة الرطبة، كما يفيد السيتوكينين في تحفيز نمو الطبقة الشمعية الواقية الموجودة على سطح النبات، والتي تعمل على تقليل كمية فقد الماء.

المصدر:-

www.sciencedaily.com(Mar10 , 2010)



ابن خلدون

مؤسس علم الاجتماع

ولي الدين عبد الرحمن بن محمد بن خلدون الحضرمي أحد العلماء الذين تفخر بهم الحضارة الإسلامية، فقد ترك تراثاً مازال تأثيره ممتداً حتى اليوم . ولد ابن خلدون في تونس عام ٧٣٢هـ (١٣٣٢م) وحفظ القرآن الكريم في طفولته. امتاز ابن خلدون بسعة اطلاعه على ما كتبه القدامى وعلى أحوال البشر وقدرته على استعراض الآراء ونقدها، ودقة الملاحظة مع حرية في التفكير وإنصاف أصحاب الآراء المخالفة لرأيه، كان لمؤلفاته عن التاريخ موضوعية. وهو مؤسس علم الاجتماع وأول من وضع أسسه الحديثة.



مع القراء

قراءنا الأعزاء

يتجدد اللقاء بكم دائماً في كل عدد من خلال هذه الزاوية، إيمانا منا بأهميتكم ودوركم الفاعل في توجيه مسيرة المجلة نحو تحقيق نجاحها واستمراره بإذن الله، وهذا ما نلمسه من رسائلكم التي تتوالى معبرة عن ودكم وثنائكم، وتحمل دعواتكم لنا بالتوفيق والسداد، فشكراً لكم.

الأخ الكريم / صلاح الزامل- الرياض

نشكرك على رسالتك العطرة، ونحن نفخر حقيقة بما وصلت إليه المجلة من اهتمام وانتشار بفضل الله ثم بفضل اقتراحات وآراء القراء الكرام من أمثالك، ويسرنا تقبل مشاركة القراء بما يخدم مواضيع المجلة، كما يسعدنا تلبية طلبك في تزويدك بالثلاثة أعداد السابقة، بالإضافة إلى تعديل عنوانك البريدي.

الأخ الكريم / الأبرش سليمان – الجزائر

نشكر لك مشاعرك الفياضة نحو المجلة والقائمين عليها التي عبرت عنها رسالتك، ونثمن لك إبلاغك عن الخطأ الوارد في إرسال عدة نسخ إلى بريدك، فشكراً لك.

الأخ الكريم / فيصل عبدالقادر بغدادي – المدينة المنورة

تلقينا رسالتك، ويسرنا إعادة اشتراكك كصديق قديم جديد للمجلة، فعوداً حميداً، وسنعمل على إرسال ما يتوفر من الأعداد الماضية، فأهلاً بك.

الأخ الكريم / عائض سعد القحطاني- سراة عبيدة

أهلا بك قارئاً جديداً، ونحن بدورنا نشكرك على اهتمامك وإطرائك، ونرحب بإضافة اسمك إلى قائمة إهداءات المجلة، آملين وصولها إليك في القريب العاجل.

الأخ الكريم / عميرة ياسين – الجزائر

وصلتنا رسالتك وما احتوته من مشاعر طيبة تجاه المجلة والقائمين عليها، ويسعدنا تواصلك معنا وإضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات، راجين إفادتنا بعنوانك البريدي عبر بريد المجلة الإلكتروني jscitech@kacst.edu.sa .

الأخ الكريم / علي محمد الحجيلان – بريدة

يسرنا اهتمامك البالغ بالمجلة، كما يسرنا انتظامها في الوصول إليك طوال السنين الماضية، وحرصك عليها من خلال رغبتك بتغيير عنوانك البريدي، ومن هذا المنطلق نفيدك بأنه قد تم تعديل عنوانك البريدي حسب الموضح في رسالتك. آملين الاستمرارية والانتظام كما كان.

الأخت الكريمة / حكيمة صالح – الجزائر

نفخر بالود الذي تحملينه تجاه المجلة، كما نفخر بالفائدة التي تحققت لطلبتك في المراحل الدراسية المختلفة، وهو ما نسعى إليه معا لقطف مجتمع عصري متسلح بالعلوم والمعارف المختلفة. ولذلك فإنه يسرنا إضافة المدرسة إلى قائمة الإهداءات، سائلين الله التوفيق لكم.

الأخ الكريم / عبدالله محمد الهلالي- المدينة المنورة

نشكرك على تواصلك واهتمامك بالمجلة، يدل على ذلك حرصك الشديد على تغيير عنوانك البريدي، حتى لا ينقطع وصولها إليك، ويسرنا تعديل عنوانك حسب ما ورد في رسالتك، راجين أن تصل إليك بشكل منتظم.

الأخ الكريم / معازر كريم الفهيقي- سكاكا

وصلتنا رسالتك، ونشكرك على متابعتك وإعجابك بالمجلة، ومواضيعها، ونرحب بانضمامك إلى قائمة القراء، فأهلا بك صديقا جديدا للمجلة.

الأخت الكريمة / نادية بوردوايس- الجزائر

أثلج صدورنا ما ورد في رسالتك من اهتمام ورغبة في اقتناء مجلة العلوم والتقنية، واستفادتك منها في المساهمة في نشر الثقافة والمعرفة من خلال مؤسستكم، وإنه ليسعدنا تزويدكم بما يتوفر من أعداد سابقة، كما يسعدنا إضافتكم إلى قائمة القراء آملا في تحقيق المنشود.

الأخ الكريم / سليمان الحماد – القصيم

سعدنا بتواصلك الإلكتروني، ويسعدنا تحقيق رغبتك في إضافتك إلى قائمة المستفيدين من المجلة، آملين وصولها إليك قريبا.

الأخ الكريم / فهد طالع الثبيتي – الطائف

رسالتك محط اهتمامنا، ونقدر لك إعجابك بما نقدمه في المجلة، ونفيدك بسرور بانضمامك إلى قائمة الإهداءات، فأهلا بك صديقا جديدا للمجلة.

الأخ الكريم / رقاب ميلود – الجزائر

تلقينا رسالتك الأثيرة، وسرنا ما تضمنته من إعجاب بالمجلة من خلال توجهها العلمي البحت بأسلوب ممتع، ويسعدنا إضافة اسمك إلى قائمة إهداءات المجلة، حتى يدوم التواصل إن شاء لله.

الأخ الكريم / محمود رشوان – الرياض

نقدر تواصلك مع المجلة من خلال رسائلك المتعددة وبالوسائل المختلفة، وإنه لمن دواعي سرورنا أن تحظى المجلة بهذا الاهتمام من قبلك، وحرصك الواضح على اقتنائها، ويسرنا إبلاغك بأنه قد تمت إضافة اسمك في قائمة من ترسل لهم المجلة، فأهلا بك صديقا دائما إن شاء لله.

الأخ الكريم / أحمد خطاب بن عمر – الجزائر

أهلاً بك قارئاً جديداً، وأسعدنا كثيراً شغفك وحبك للمجلة، ونهمك للقراءة، لأن القراءة كما تعلم توسع المدارك، ولذلك يسرنا في إضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات، ونعتذر عن الطلبات الأخرى لأنها ليست من اختصاصنا.





حيث تنمو المعرفة

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

رقم الوثيقة: 05P0007-MAG-0001-AR01

www.kacst.edu.sa